

Introdução

Você já parou para imaginar um mundo sem coisas simples como facas, agulhas de costura, chaves, fechaduras, alfinetes, lâminas de barbear? Pois é, não faz muito tempo, na verdade cerca de 500 anos - o que não é muito, se comparado com a história da humanidade -, esses objetos eram considerados artigos de luxo. Isso acontecia porque o homem usava processos de beneficiamento rudimentares para a produção do ferro.

Por não ter os conhecimentos tecnológicos necessários, ele não sabia como obter temperaturas de processamento mais altas, como controlar a quantidade de carbono no ferro e como fazer o ferro sair líquido do forno. Desse modo, ele só conseguia produzir pequenas quantidades a cada dia.

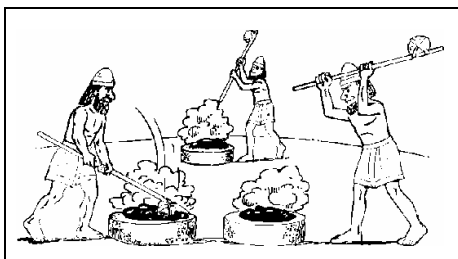
Nossa aula vai contar para você como o homem conseguiu aumentar a produtividade, melhorar a qualidade e ampliar a oferta de produtos fabricados, a partir dos metais ferrosos. E o desenvolvimento do processo de fabricação do ferro-gusa foi essencial para que isso se tornasse realidade. Foi um longo caminho através da História. Vale a pena conhecê-lo.

Do buraco no chão ao alto-forno

Para poder fabricar o ferro fundido e o aço, você precisa do ferro-gusa. É um material duro e quebradiço, formado por uma liga de ferro e carbono, com alto teor, ou seja, uma grande quantidade de carbono e um pouco de silício, manganês, fósforo e enxofre.

O grande problema tecnológico que envolve a fabricação do gusa, é a obtenção das altas temperaturas que favoreçam a absorção do carbono.

Um povo chamado Hitita foi o primeiro a explorar a “indústria” do ferro, mais ou menos 1.700 anos antes de Cristo, ao sul do Cáucaso. Para obter o ferro, eles faziam um buraco no chão e, dentro dele, aqueciam uma mistura do minério e carvão vegetal.



Desse modo, formava-se uma massa pastosa que eles batiam, para eliminar as impurezas e, depois, trabalhavam por forjamento. Com esse processo, fabricavam punhais, espadas e armaduras que “exportavam” para os países vizinhos.

A próxima etapa foi o desenvolvimento de um forno semi-enterrado onde se colocavam camadas de minério de ferro e carvão e no qual era soprado ar, por um fole manual, que aumentava a combustão, do mesmo jeito que as labaredas na churrasqueira aumentam, quando a gente abana as brasas de carvão. Nessas condições, a temperatura podia atingir entre 1.000°C e 1.200°C e se obtinha uma massa pastosa de ferro, da qual o oxigênio do minério havia sido eliminado por redução.

Fique por dentro

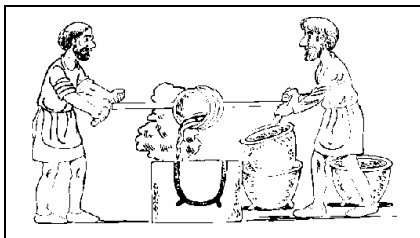
Depois do Cáucaso, o ferro foi aparecer no Egito e na Grécia em torno de 1100 a.C., na Áustria (900 a.C.), Itália (600 a.C.), Espanha, França e Suíça (500 a.C.)

A evolução seguinte foi a elevação das cubas acima do solo. A combustão era ativada por foles movidos a energia hidráulica (rodas d'água), que também movia os martelos que batiam na massa de metal que saía do forno.

Na Europa, no começo do século XIV, os fornos tinham se tornado tão altos e as condições de insuflação de oxigênio tão aperfeiçoadas, que a temperatura de combustão aumentou muito. Isso permitiu que o ferro absorvesse carbono e, finalmente, saísse líquido do forno. Esse produto, embora duro e quebradiço, podia ser novamente derretido com mais facilidade e ser vazado em moldes. Surgiam o alto-forno e a fundição.



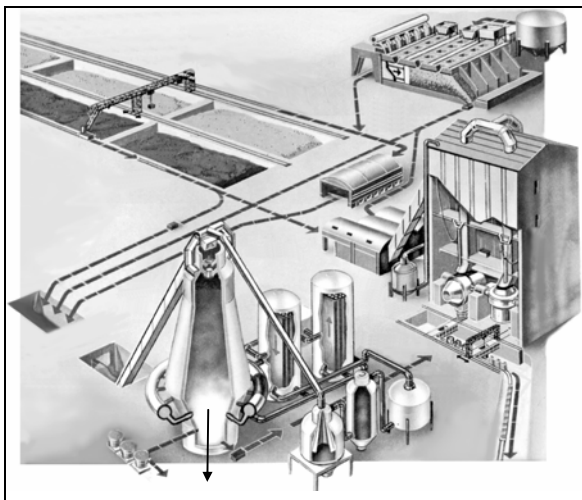
Com o desenvolvimento dos processos de eliminação do excesso de carbono, o alto-forno aumentou a produção do aço, introduziu novos processos de fabricação (**trefilação e laminação**), criou novos produtos e novas necessidades. Isso trouxe um sério problema ecológico: começou a faltar madeira para a produção de carvão vegetal usado nos fornos. Na Inglaterra, no século XVIII, finalmente, descobriu-se que o coque, um produto sólido da destilação do carvão mineral, servia como combustível para produzir o ferro-gusa. Daí, para chegar ao alto-forno como o conhecemos hoje, foi um caminho muito mais fácil e rápido.



Trefilação é um processo de fabricação por conformação mecânica, que transforma materiais metálicos em fios.

Laminação também é um processo de conformação mecânica, que transforma materiais metálicos em chapas.

Hoje, um alto-forno pode ter até 35 metros de altura. Fica dentro de um complexo industrial chamado **usina siderúrgica** e é o principal equipamento utilizado na metalurgia do ferro. Sua produtividade diária gira em torno de 8.000 toneladas.



Alto-forno

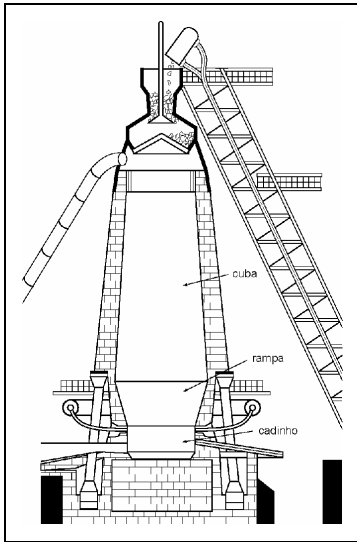
Fique por dentro

A primeira empresa siderúrgica brasileira a utilizar coque no alto-forno foi a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), implantada em Volta Redonda, no estado do Rio de Janeiro. Era uma empresa estatal, criada por decreto do governo de Getúlio Vargas, em 9 de abril de 1941 e privatizada em 2 de abril de 1993.

O alto-forno é construído de tijolos e envolvido por uma carcaça protetora de aço. Todas as suas partes internas, sujeitas a altas temperaturas, são revestidas com tijolos chamados “refratários” porque suportam essas temperaturas sem derreter. Três zonas fundamentais caracterizam o alto-forno: o fundo chamado **cadinho**; a segunda seção chamada **rampa**; e a seção superior chamada cuba.

O cadinho é o lugar onde o gusa líquido é depositado. A escória (conjunto de impurezas que devem ser separadas do gusa), que se forma durante o processo, flutua sobre o ferro que é mais pesado. No cadinho há dois furos: o furo de corrida, aberto de tempos em tempos para que o ferro líquido escoe, e o furo para o escoamento da escória. Como a escória flutua, o furo para seu

escoamento fica acima do furo de corrida. Assim, sobra espaço para que uma quantidade razoável de ferro seja acumulada entre as corridas.



Na rampa, acontecem a combustão e a fusão. Para facilitar esses processos, entre o cadinho e a rampa ficam as ventaneiras, que são furos distribuídos uniformemente por onde o ar pré-aquecido é soprado sob pressão.

A cuba ocupa mais ou menos dois terços da altura total do alto-forno. É nela que é colocada, alternadamente e em camadas sucessivas, a carga, composta de minério de ferro, carvão e os fundentes (cal, calcário).

Acredite se quiser

Um alto-forno pode funcionar, sem parar, durante anos. O Alto-forno 1 da CSN funcionou, ininterruptamente, de 9 de janeiro de 1946 até 20 de janeiro de 1992.

Mas, o que será que acontece lá dentro do alto-forno? Bem, isso nós só vamos contar na próxima parte da lição.

Quando a gente estuda, é bom estar descansado e ir devagar. Por isso, vamos a nossa primeira parada, para que você não fique confuso com tanta informação. Releia a primeira parte da aula, fazendo anotações. Depois, faça os exercícios.

Exercícios

1. Escreva **F** se a afirmação for falsa e **V** se a afirmação for verdadeira. Depois, reescreva corretamente em seu caderno as afirmações que você considerou erradas:
 - a) () O ferro-gusa é um material duro e quebradiço formado por uma liga de ferro e uma grande quantidade de carbono, além de um pouco de silício, manganês, fósforo e enxofre.
 - b) () A obtenção das altas temperaturas que favorecem a absorção do carbono era o grande problema técnico que envolvia a fabricação do gusa.
 - c) () O aumento da produção de ferro gusa dificultou a criação de novos processos de fabricação na indústria metalúrgica.
 - d) () Com o surgimento do alto-forno, a produção aumentou e novos produtos foram criados.
 - e) () A produtividade diária de um alto-forno, que é o principal equipamento utilizado nas usinas siderúrgicas, gira em torno de 3.500 toneladas.

2. Complete as seguintes frases:
 - a) O alto-forno é dividido em três partes: o fundo, chamado de, a segunda seção, denominada e que é a seção superior.
 - b) A escória, que é formada no processo, flutua sobre que é mais
 - c) No cadinho, há o furo de e o furo de da
 - d) O furo para escoamento da fica acima do furo de do gusa porque flutua.
 - e) Para facilitar a combustão e a fusão entre e ficam, por onde o ar pré-aquecido é soprado sob pressão.
 - f) A carga, composta de, de e de, é colocada na rampa, alternadamente e em camadas sucessivas.

Qual é a mágica?

Quando o minério de ferro, o coque e os fundentes são introduzidos na parte superior (goela) da rampa, algumas coisas acontecem:

- os óxidos de ferro sofrem redução, ou seja, o oxigênio é eliminado do minério de ferro;
- a ganga se funde, isto é, as impurezas do minério se derretem;
- o gusa se funde, quer dizer, o ferro de primeira fusão se derrete;
- o ferro sofre carbonetação, quer dizer, o carbono é incorporado ao ferro líquido;
- certos elementos da ganga são parcialmente reduzidos, ou seja, algumas impurezas são incorporadas ao gusa.

Tudo isso não é nenhuma mágica. São, apenas, as reações químicas provocadas pelas altas temperaturas obtidas lá dentro do forno que trabalham com o princípio da contra-corrente. Isso quer dizer que enquanto o gás redutor, resultante da combustão sobe, a carga sólida vai descendo.

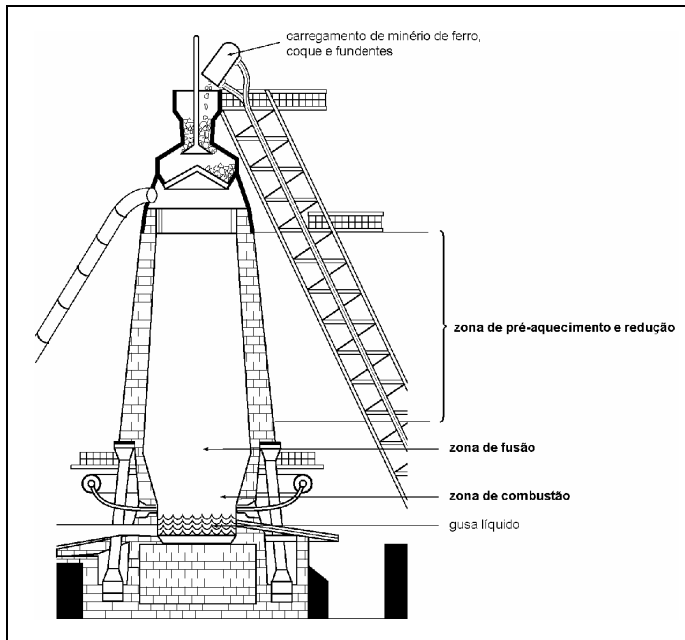
Por causa dessa movimentação, três zonas aparecem dentro do alto-forno:

- a zona onde ocorre o pré-aquecimento da carga e a redução, ou eliminação do
- oxigênio, dos óxidos de ferro;
- a zona de fusão dos materiais;
- a zona de combustão que alimenta as duas primeiras.

A redução dos óxidos de ferro acontece à medida que o minério, o agente redutor (coque ou carvão vegetal) e os fundentes (calcário ou dolomita) descem em contra-corrente, em relação aos gases. Esses são o resultado da queima do coque (basicamente, carbono) com o oxigênio do ar quente (em torno de 1.000°C) soprado pelas ventaneiras, e que escapam da zona de combustão, principalmente para cima, e queimam os pedaços de coque que estão na abóbada (ou parte superior) da zona de combustão.

A **escória** é uma espécie de massa vítrea formada pela reação dos fundentes com algumas impurezas existentes no minério. Ela pode ser aproveitada para a fabricação de fertilizantes ou de cimentos para isolantes térmicos.

Conforme o coque vai se queimando, a carga vai descendo para ocupar os espaços vazios. Esse movimento de descida vai se espalhando lateralmente pela carga, até atingir toda a largura da cuba.



As reações de redução, carbonetação e fusão que nós descrevemos anteriormente geram dois produtos líquidos: a escória e o ferro-gusa, que são empurrados para os lados, pelos gases que estão subindo e escorrem para o cadinho, de onde saem pelo furo de corrida (gusa) e pelo furo da escória.

Ao sair do alto-forno, o gusa (com teor de carbono entre 3,0 e 4,5%) pode seguir um, entre dois caminhos: pode ir para a fundição, para ser usado na fabricação de peças de ferro fundido, ou pode ir para a aciaria, onde pode ser misturado com sucata de aço ou, eventualmente, com outros metais, para se transformar em aço, ou seja, uma liga ferrosa com um teor de carbono de menos de 2,0%.

Como você pôde perceber, realmente a única mágica que existe na fabricação do gusa é a das reações químicas e, isso, o homem da Antigüidade não conhecia. O que ele sabia era que, quanto mais altas as temperaturas, melhor era o resultado que ele obtinha. No momento em que o homem descobriu como obter as temperaturas ideais e o que acontecia dentro do forno, o progresso foi rápido e contínuo.

Para você, aluno do Telecurso, deve ter ficado a curiosidade de conhecer mais detalhes do que se pode fazer com o produto que sai do alto-forno. Isso é bom, mas vamos manter o suspense até a próxima aula.

Exercícios

3. Ordene, numerando de 1 a 5, as fases das reações químicas que ocorrem dentro do alto-forno. Depois, explique cada uma delas:
 - a) () A ganga se funde.
 - b) () O ferro sofre carbonetação.
 - c) () O gusa se funde.
 - d) () Os óxidos de ferro sofrem redução.
 - e) () Certos elementos da ganga são parcialmente reduzidos.

4. Resolva as seguintes questões:
 - a) Descreva as três zonas que se formam dentro do alto-forno por causa da movimentação da carga que desce e dos gases que sobem.
 - b) Para onde vai o gusa após sair do alto-forno?
 - c) O que é escória e qual o seu uso depois que ela sai do alto-forno?

Agora que você já estudou toda a aula e fez todos os exercícios, faça estes para saber se aprendeu tudo mesmo.

5. Assinale a alternativa que completa corretamente as afirmações, a seguir.

a) O grande problema tecnológico que envolve a produção do gusa é:

1. () a presença de impurezas como o silício, o manganês, o fósforo e o enxofre;
2. () a dificuldade de eliminar o silício, o manganês, o fósforo e o enxofre;
3. () a obtenção de altas temperaturas que favoreçam a absorção de carbono;
4. () a utilização de combustíveis que contaminam o produto.

b) Para aumentar a temperatura de combustão usa-se:

1. () oxigênio aquecido a uma temperatura de 1.000°C, soprado sob pressão;
2. () carvão vegetal;
3. () coque obtido do carvão vegetal;
4. () calcário como fundente.

c) O alto-forno é dividido em três partes principais:

1. () zona de pré-aquecimento, cadinho e rampa;
2. () cadinho, rampa e ventaneiras;
3. () zona de pré-aquecimento, zona de fusão e cuba;
4. () cadinho, rampa e cuba.

d) A carga, formada por minério de ferro, carvão e/ou coque e fundentes, é colocada:

1. () na cuba;
2. () no cadinho;
3. () na rampa;
4. () nas ventaneiras.

- e) À medida que o minério, o agente redutor e os fundentes descem em contra-corrente em relação aos gases, ocorre:
1. () a oxidação dos gases;
 2. () o aumento dos óxidos de ferro;
 3. () a descarbonetação do ferro;
 4. () a redução do óxido de ferro.
- f) O caminho que o gusa com teores entre 3,0% e 4,5% de carbono, pode seguir, ao sair do alto-forno é:
1. () para a laminação para ser trefilado;
 2. () para a fundição, para ser usinado;
 3. () para a fundição e produção de peças de ferro fundido;
 4. () para a estamparia, para ser conformado.

Gabarito

1. a) V
b) V
c) F (O aumento da produção de ACC introduziu novos processos de fabricação (trefilação, laminação], criou novos produtos e novas necessidades.)
d) V
e) F (A produtividade diária de um alto-forno gira em torno de 8.000 toneladas.)

2. a) cadinho - rampa - cuba
b) ferro - pesado
c) corrida - escoamento - escória
d) escória - corrida - escória
e) cadinho - rampa - ventaneiras
f) minério de ferro - carvão - fundentes

3. a) 2. (O oxigênio é eliminado do minério de ferro.)
b) 4 (O carbono é incorporado ao ferro fundido.)
c) 3 (As impurezas do minério se derretem.)
d) 1 (O ferro de primeira fusão se derrete.)
e) 5 (Algumas impurezas são incorporadas ao gusa.)

4. a) - Zona de pré-aquecimento.
- Zona de fusão dos metais
- Zona de combustão que alimenta as duas anteriores
b) Pode ir para a fundição ou para a aciaria.
c) Massa vítrea usada para a fabricação de fertilizantes, ou de fibras para isolantes térmicos.

5. a) 3
b) 1
c) 4
d) 1
e) 4
f) 3