

História do Vapor

Calor é o resultado da agitação de moléculas dentro dos corpos. É uma forma de energia que se transfere de um corpo para outro quando há diferença de temperatura entre eles. Essa transferência de calor se dá de três maneiras: por radiação, por condução e por convecção.

Como forma de energia, o calor é usado pelo homem para produzir trabalho e um dos modos de conseguir isso é utilizando a transferência de calor para produzir vapor.

Atualmente, muitas das indústrias usam vapor em seus processos de produção. A fim de atender a essa necessidade sempre crescente, a geração de vapor pode ser realizada nas caldeiras, nos equipamentos geradores de vapor, ou pelo aproveitamento do calor residual proveniente de alguns tipos de processos industriais, como a siderurgia (gases de alto-forno).

Devido à importância do vapor e de seus processos de geração, neste módulo, serão estudados os diversos tipos de caldeiras, sua classificação e seu emprego.

Histórico

Não é de hoje que o homem percebeu que o vapor podia fazer as coisas se movimentarem.

No primeiro século da era cristã, portanto há mais de 1800 anos, um estudioso chamado Heron de Alexandria, construiu uma espécie de turbina a vapor, chamada eolípila.

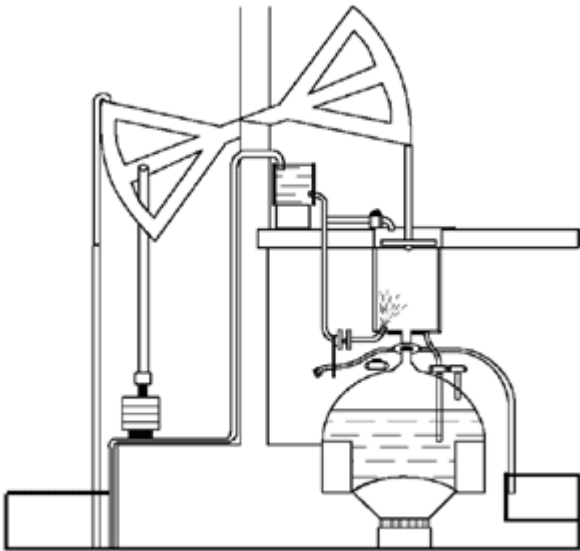
Nesse engenho, enchia-se uma esfera de metal com água que produzia vapor que se expandia e fazia a esfera girar quando saía através de dois bicos, colocados em posições diametralmente opostas. Todavia, embora isso movimentasse a esfera, nenhum trabalho útil era produzido por esse movimento e o sábio não conseguiu ver nenhuma utilidade prática para seu invento.



Muitos séculos mais tarde, a máquina a vapor foi a primeira maneira eficiente de produzir energia independentemente da força muscular do homem e do animal, e da força do vento e das águas correntes. Sua invenção e uso foi uma das bases tecnológicas da Revolução Industrial. Em sua forma mais simples, as máquinas a vapor usam o fato de que a água, quando convertida em vapor se expande e ocupa um volume de até 1.600 vezes maior do que o original, quando sob pressão atmosférica.

Foi somente no século XVII, mais precisamente em 1690, que o físico francês Denis Papin usou esse princípio para bombear água. O equipamento bastante rudimentar que ele inventou, era composto de um pistão dentro de um cilindro que ficava sobre uma fonte de calor e no qual se colocava uma pequena quantidade de água. Quando a água se transformava em vapor, a pressão deste forçava o pistão a subir. Então a fonte de calor era removida o que fazia o vapor esfriar e se condensar. Isso criava um vácuo parcial (pressão abaixo da pressão atmosférica) dentro do cilindro. Como a pressão do ar acima do pistão era a pressão atmosférica, ela o empurrava para baixo, realizando o trabalho.

Mas, a utilização efetiva dessa tecnologia só se iniciou com a invenção de Thomas Savery patenteada em 1698 e aperfeiçoada em 1712 por Thomas Newcomen e John Calley.

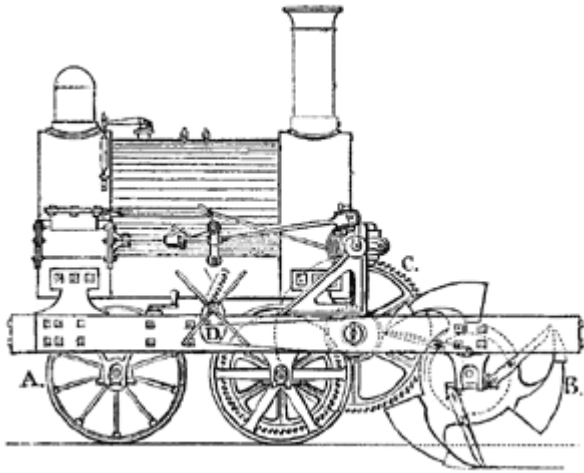


Nessa máquina, o vapor gerado em uma caldeira era enviado para um cilindro localizado em cima da caldeira. Um pistão era puxado para cima por um contrapeso. Depois que o cilindro ficava cheio de vapor, injetava-se água nele, fazendo o vapor condensar.

Isso reduzia a pressão dentro do cilindro e fazia o ar externo empurrar o pistão para baixo. Um balancim era ligado a uma haste que levantava o êmbolo quando o pistão se movia para baixo. O vácuo resultante retirava a água de poços de mina inundados.

Um construtor de instrumentos escocês chamado James Watt notou que a máquina de Newcomen, que usava a mesma câmara para alternar vapor aquecido e vapor resfriado condensado desperdiçava combustível. Por isso, em 1765, ele projetou uma câmara condensadora separada, refrigerada a água. Ela era equipada com uma bomba que mantinha um vácuo parcial e uma válvula que retirava periodicamente o vapor do cilindro. Isso reduziu o consumo de combustível em 75%. Essa máquina corresponde aproximadamente à moderna máquina a vapor.

Em 1782, ele projetou e patenteou a máquina rotativa de ação dupla na qual o vapor era introduzido de ambos os lados do pistão de modo a produzir um movimento para cima e para baixo. Isso tornou possível prender o êmbolo do pistão a uma manivela ou um conjunto de engrenagens para produzir movimento rotativo e permitiu que essa máquina pudesse ser usada para impulsionar mecanismos, girar rodas de carroças ou pás para movimentar navios em rios.



No fim do século XVIII, as máquinas a vapor produzidas por Watt e seu companheiro Matthew Boulton forneciam energia para fábricas, moinhos e bombas na Europa e na América.

O aparecimento das caldeiras, que podiam operar com altas pressões e que foram desenvolvidas por Richard Trevithick na Inglaterra e por Oliver Evans nos Estados Unidos, no início do século XIX, tornou-se a base para a revolução dos transportes uma vez que elas podiam ser usadas para movimentar locomotivas, barcos fluviais e, depois, navios.

A máquina a vapor tornou-se a principal fonte produtora de trabalho do século XIX e seu desenvolvimento se deu no esforço de melhorar seu rendimento, a confiabilidade e a relação peso/potência. O advento da energia elétrica e do motor de combustão interna no século XX, todavia, condenaram pouco a pouco, nos países mais industrializados, a máquina a vapor ao quase esquecimento.

O vapor no século XX

No século XX, a máquina a vapor, como fornecedora de energia foi sendo substituída por:

- turbinas a vapor, para a geração de energia elétrica;
- motores de combustão interna para transporte;
- geradores para fontes portáteis de energia;
- por motores elétricos, para uso industrial e doméstico.

Mesmo assim, o vapor ainda hoje tem extensa aplicação industrial, nas mais diversas formas, dependendo do tipo de indústria e da região onde está instalada.

O vapor produzido em um gerador de vapor pode ser usado de diversas formas:

- em processos de fabricação e beneficiamento;
- na geração de energia elétrica;
- na geração de trabalho mecânico;
- no aquecimento de linhas e reservatórios de óleo combustível;
- na prestação de serviços.

Nos processos de fabricação e de beneficiamento, o vapor é empregado em:

- * Indústria de bebidas e conexos: nas lavadoras de garrafas, tanques de xarope, pasteurizadoras.
- * Indústrias madeireiras: no cozimento de toras, secagem de tábuas ou lâminas em estufas, em prensas para compensados.
- * Indústria de papel e celulose: no cozimento de madeira nos digestores, na secagem com cilindros rotativos, na secagem de cola, na fabricação de papelão corrugado.
- * Curtumes: no aquecimento de tanques de água, secagem de couros, estufas, prensas, prensas a vácuo.
- * Indústrias de laticínios: na pasteurização, na esterilização de recipientes, na fabricação de creme de leite, no aquecimento de tanques de água, na produção de queijos, iogurtes e requeijões (fermentação).

- * Frigoríficos: nas estufas para cozimento, nos digestores, nas prensas para extração de óleo.
- * Indústria de doces em geral: no aquecimento do tanque de glicose, no cozimento de massa em panelas sob pressão, em mesas para o preparo de massa, em estufas.
- * Indústria de vulcanização e recauchutagem: na vulcanização, nas prensas.
- * Indústrias químicas: nas autoclaves, nos tanques de armazenamento, nos reatores, nos vasos de pressão, nos trocadores de calor.
- * Indústria têxtil: utiliza vapor no aquecimento de grandes quantidades de água para alvejar e tingir tecidos, bem como para realizar a secagem em estufas.
- * Indústria de petróleo e seus derivados: nos refervedores, nos trocadores de calor, nas torres de fracionamento e destilação, nos fornos, nos vasos de pressão, nos reatores e turbinas.
- * Indústria metalúrgica: nos banhos químicos, na secagem e pintura.

A geração de energia elétrica através de vapor é obtida nas usinas termoeletricas e outros pólos industriais. Para isso, os equipamentos são compostos basicamente de um gerador de vapor superaquecido, uma turbina, um gerador elétrico e um condensador.

O vapor é também utilizado para a movimentação de equipamentos rotativos, na geração de trabalhos mecânicos.

Nas indústrias onde é usado “óleo combustível pesado”, é necessário o aquecimento das tubulações e reservatórios de óleo, a fim de que ele possa fluir livremente e proporcionar uma boa combustão. Isso é feito por meio dos geradores de vapor.

Além desses usos industriais, os hospitais, as indústrias de refeições, os hotéis e similares utilizam o vapor em suas lavanderias e cozinhas e no aquecimento de ambientes.

Classificação das caldeiras

As caldeiras podem ser classificadas de acordo com:

- classes de pressão;
- grau de automação;
- tipo de energia empregada;
- tipo de troca térmica.

De acordo com as classes de pressão, as caldeiras foram classificadas segundo a NR-13 em:

- Categoria A: caldeira cuja pressão de operação é superior a 1960 kPa (19, 98kgf/cm²);
- Categoria C: caldeiras com pressão de operação igual ou inferior a 588 kPa (5,99kgf/cm²) e volume interno igual ou inferior a 100 litros;
- Categoria B: caldeiras que não se enquadram nas categorias anteriores.

De acordo com o grau de automação, as caldeiras podem se classificar em: manuais, semi-automática e automática.

De acordo com o tipo de energia empregada, elas podem ser do tipo: combustível sólido, líquido, gasoso, caldeiras elétricas e caldeiras de recuperação.

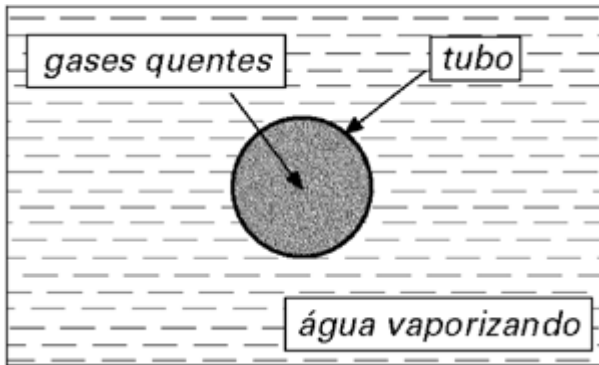
Existem outras maneiras particulares de classificação, a saber: quanto ao tipo de montagem, circulação de água, sistema de tiragem e tipo de sustentação.

Tipos de caldeiras

A classificação mais usual de caldeiras de combustão refere-se à localização de água/gases e divide-as em: flamotubulares, aquatubulares e mistas.

As caldeiras flamotubulares ou fogotubulares são aquelas em que os gases provenientes da combustão (gases quentes) circulam no interior dos tubos, ficando por fora a água a ser aquecida ou vaporizada.

A ilustração a seguir é uma representação esquemática da caldeira flamotubular.



Ao se acompanhar o processo evolutivo por que passaram os geradores de vapor, nota-se que nas caldeiras flamotubulares primitivas a superfície de aquecimento era muito pequena, tendo como consequência uma baixa vaporização específica (12 a 14kg de vapor gerado/m²).

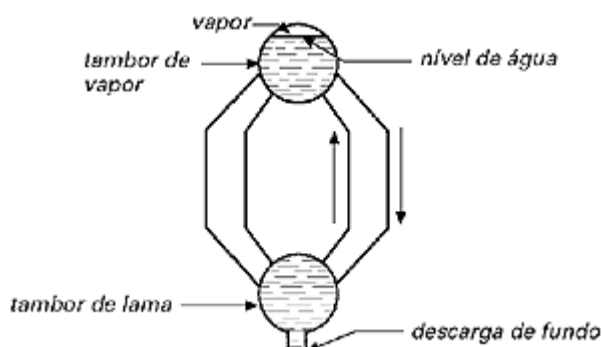
Embora essa capacidade tenha sido ampliada com o aumento do número de tubos, por mais tubos que se colocassem dentro da caldeira, essa superfície ainda continuava pequena, causando o baixo rendimento térmico e a demora na produção de vapor.

Com a evolução dos processos industriais, aumentou muito a necessidade de caldeiras com maior rendimento, menos consumo, rápida geração e grandes quantidades de vapor. Baseados nos princípios da transferência de calor e na experiência com os tipos de caldeiras existentes, os fabricantes inverteram a forma de geração de calor:

trocaram os tubos de fogo por tubos de água, o que aumentou muito a superfície de aquecimento, surgindo a caldeira aquatubular.

Seu princípio de funcionamento baseia-se no princípio da Física que diz que quando um líquido é aquecido, as primeiras partículas aquecidas ficam mais leves e sobem, enquanto que as frias, que são mais pesadas, descem. Recebendo calor, elas tornam a subir, formando assim um movimento contínuo, até que a água entre em ebulição.

Na ilustração a seguir, podemos notar que a água é vaporizada nos tubos que constituem a parede mais interna, subindo ao tambor de vapor, dando lugar a nova quantidade de água fria que será vaporizada e assim sucessivamente.



As caldeiras mistas são caldeiras flamotubulares que possuem uma ante-fornalha com parede d'água. Normalmente são projetadas para a queima de combustível sólido.

A caldeira elétrica é um equipamento cujo papel principal é transformar energia elétrica em térmica, para transmiti-la a um fluido apropriado, geralmente água.

A produção de vapor, em uma caldeira elétrica, baseia-se no fato de que a corrente elétrica, ao atravessar qualquer condutor, encontra resistência a sua livre circulação e desprende calor (Efeito Joule). As partes constituintes dessas caldeiras serão estudadas em outros módulos.

Bibliografia consultada

Compton's Interactive Encyclopedia. Compton's NewMedia Inc.,1995.

Encarta. Grolier Electronic Publishing, Inc., 1995.

Lembrança do "Trem de Ferro" - P. M. Bardi - 1983