

# Calculando a dilatação térmica

**E**xistem muitas empresas que fabricam e montam conjuntos mecânicos. Nessa atividade, muitas vezes é necessário fazer encaixes com ajuste forçado, ou seja, encaixes em que a medida do furo é menor do que a medida do eixo, como em sistemas de transmissão de movimento.

Vamos supor que você trabalhe em uma empresa como essa e que sua tarefa seja montar conjuntos com esse tipo de ajuste. Como é possível conseguir um encaixe forçado sem que as peças componentes do conjunto sejam danificadas?

Este é o problema que teremos de resolver nesta aula.

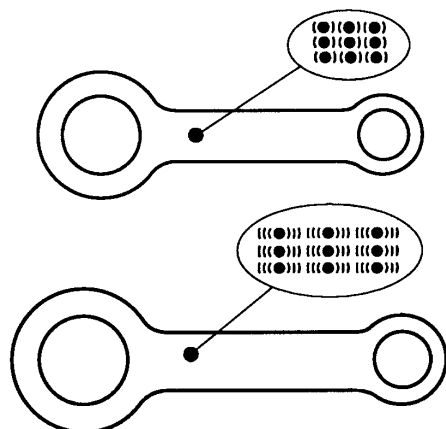
## Dilatação térmica

O encaixe forçado não é nenhum milagre. Ele é apenas o resultado da aplicação de conhecimentos de dilatação térmica.

Dilatação térmica é a mudança de dimensão, isto é, de tamanho, que todos os materiais apresentam quando submetidos ao aumento da temperatura.

Por causa dela, as grandes estruturas de concreto, como prédios, pontes e viadutos, são construídas com pequenos vãos, ou folgas, entre as lajes, para que elas possam se acomodar nos dias de muito calor.

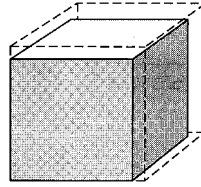
Por que isso acontece? Porque, com o aumento da temperatura, os átomos que formam a estrutura dos materiais começam a se agitar mais e, por isso, ocupam mais espaço físico.



## O problema

## Nossa aula

A dilatação térmica ocorre sempre em três dimensões: na direção do comprimento, da largura e da altura.



Quando a dilatação se refere a essas três dimensões, ao mesmo tempo, ela é chamada de dilatação **volumétrica**. Se apenas duas dimensões são consideradas, a dilatação é **superficial**. Quando apenas uma das dimensões é considerada, ela é chamada de **linear**.

Esta variação de tamanho que os materiais apresentam quando aquecidos depende de uma constante característica de cada material. Essa constante é conhecida por coeficiente de dilatação térmica, representada pela letra grega  $\alpha$ . É um dado que se obtém na tabela a seguir.

TABELA DE COEFICIENTES DE DILATAÇÃO TÉRMICA POR °C	
MATERIAL	COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR
Aço	0,000 012
Alumínio	0,000 024
Antimônio	0,000 011
Chumbo	0,000 029
Cobre	0,000 017
Ferro fundido	0,000 010 5
Grafite	0,000 007 8
Ouro	0,000 014
Porcelana	0,000 004 5
Vidro	0,000 000 5

Mas você deve estar se perguntando: "Onde o encaixe forçado entra nisso?"

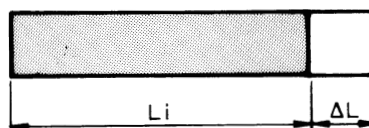
É muito simples: vamos usar o fato de que os materiais em geral, e o aço em particular, mudam de dimensões quando aquecidos, para realizar o ajuste forçado. Para isso, você aquece a peça fêmea, ou seja, a que possui o furo (por exemplo, uma coroa), que se dilatará. Enquanto a peça ainda está quente, você monta a coroa no eixo. Quando a coroa esfriar, o ajuste forçado estará pronto.

O que você vai ter de saber, para fazer isso corretamente, é qual a temperatura adequada para obter a dilatação necessária para a montagem do conjunto.

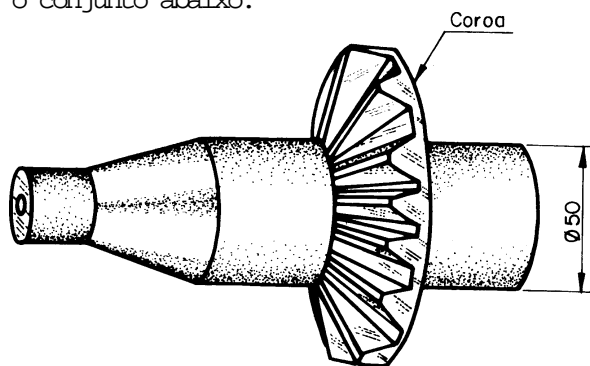
## Cálculo de dilatação térmica

Para fins de cálculo, você deverá considerar apenas a dilatação linear, pois o que nos interessa é apenas uma medida, que, nesse caso, é o diâmetro do furo.

Para o cálculo, você precisa aplicar a fórmula:  $\Delta L = \alpha \cdot l_i \cdot \Delta t$ , em que  $\Delta L$  é o aumento do comprimento;  $\alpha$  é o coeficiente de dilatação linear;  $l_i$  é a medida inicial e  $\Delta t$  é a variação da temperatura.



Voltemos, então, à empresa citada no início da aula. Vamos supor que você tenha de montar o conjunto abaixo.



Nesse conjunto, o diâmetro do furo da coroa deverá ser 0,05 mm menor do que o diâmetro do eixo. Seu problema é descobrir a quantos graus a coroa deve ser aquecida para se obter o encaixe com o aperto desejado.

Você já sabe que tem de aplicar a fórmula  $\Delta L = \alpha \cdot L_i \cdot \Delta t$ . Você sabe também que o elemento que deverá ser aquecido é a coroa (que tem o furo). O valor obtido para a variação de temperatura ( $\Delta t$ ) é o valor que deverá ser somado à temperatura que a coroa tinha antes de ser aquecida. Essa temperatura é chamada de temperatura ambiente. Vamos supor que a temperatura ambiente seja 20° C.

Primeiro, você analisa as medidas do desenho. A medida disponível é o diâmetro do eixo. Porém, a medida que você precisa para o cálculo é o diâmetro do furo da coroa. Como o diâmetro do furo da coroa deve ser 0,05 mm menor do que o diâmetro do eixo, a medida necessária é o diâmetro do eixo menos 0,05 mm, ou seja:

$$L_i = 50 - 0,05 = 49,95 \text{ mm}$$

Outro dado de que você precisa é o valor do coeficiente de dilatação para o aço. Este você encontra na tabela que já apresentamos nesta aula. Esse valor é 0,000 012.

E, por último, você tem  $\Delta L$ , que é 0,05 mm.

Então, você monta a fórmula: 
$$\Delta t = \frac{\Delta L}{\alpha \cdot L_i}$$

### Recordar é aprender

Lembre-se de que, em Matemática, uma fórmula pode ser reescrita para se descobrir o valor procurado. Para isso, você tem de isolar o elemento cujo valor você não conhece. Assim, a fórmula original  $\Delta L = \alpha \cdot L_i \cdot \Delta t$  pode ser reescrita:

$$\Delta t = \frac{\Delta L}{\alpha \cdot L_i}$$

Substituindo os elementos da fórmula pelos valores, você terá:

$$\Delta t = \frac{0,05}{0,000012 \cdot 49,95}$$

$$\Delta t = \frac{0,05}{0,0005994}$$

$$\Delta t = 83,4^\circ\text{C}$$

Assim, para obter o encaixe com ajuste forçado desse conjunto, você precisa aquecer a coroa à temperatura de  $83,4^{\circ}\text{C}$  mais  $20^{\circ}\text{C}$  da temperatura ambiente. Logo, a coroa deverá ser aquecida a  $103,4^{\circ}\text{C}$ .

## Tente você também

Exercitar o que estudamos é essencial para o aprendizado. Leia novamente a aula, acompanhando a realização do cálculo passo a passo. Depois faça os exercícios que propomos a seguir.

### Exercício 1

Uma peça de aço de 250 mm de comprimento em temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ) foi aquecida a  $500^{\circ}\text{C}$ . Qual foi o aumento do comprimento da peça após o aquecimento? Considere a variação de temperatura ( $\Delta t = 500 - 25$ ).

Solução:

$$\Delta L = ?$$

$$\alpha = 0,000012$$

$$L_i = 250$$

$$\Delta t = 475$$

$$\Delta L = 0,000012 \cdot 250 \cdot 475$$

$$\Delta L =$$

### Exercício 2

Qual será o  $\Delta L$ , em mm, de um eixo de aço de 2 m de comprimento, se ele sofrer uma variação de temperatura ( $\Delta t$ ) de  $60^{\circ}\text{C}$ ?

Solução:

$$\Delta L = ?$$

$$\alpha = 0,000012$$

$$L_i = 2 \text{ m}$$

$$\Delta t = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta L =$$

## Teste o que você aprendeu

Os exercícios a seguir têm a finalidade de desafiar você a mostrar que realmente aprendeu o que acabamos de lhe ensinar. Faça-os com atenção e, em caso de dúvida, volte aos exemplos da lição antes de prosseguir.

### Exercício 3

A que temperatura foi aquecida uma peça de alumínio de 300 mm de comprimento e que sofreu um aumento de comprimento ( $\Delta L$ ) de 0,5 mm? Temperatura ambiente =  $26^{\circ}\text{C}$ .

### Exercício 4

Calcule quais serão as medidas indicadas no desenho abaixo, após o aquecimento ( $\Delta t = 34,5^{\circ}\text{C}$ ) da peça que será fabricada com alumínio.

