

SUMÁRIO

1.	TENSÕES DE CISALHAMENTO	1
1.1	DIMENSIONAMENTO	2
1.2	EXEMPLOS.....	2

1. Tensões de Cisalhamento

Quando duas forças cortantes estão infinitesimalmente próximas, o efeito do momento existente entre elas pode ser desconsiderado. Desta forma, as tensões provocadas nos pontos de uma seção podem ser atribuídas apenas a estas forças.

Sejam duas forças cortantes em equilíbrio, atuando em duas seções infinitesimalmente próximas, como mostra a figura 1:

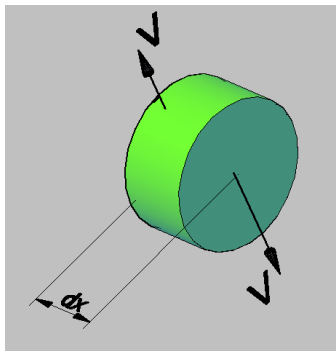


Figura 1 – força cortante em equilíbrio

Desprezando-se o efeito do momento, o elemento sofrerá uma deformação fazendo com que as seções permaneçam planas e paralelas entre si. Podemos encarar este movimento como sendo um escorregamento entre as seções.

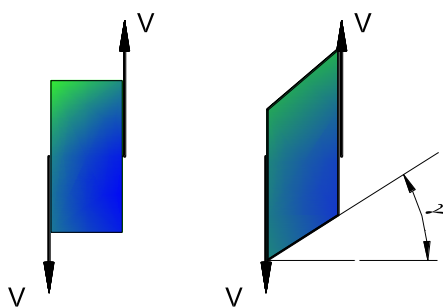


Figura 2 – Elemento deformado

Para que as seções possam ter este movimento é necessário que em cada ponto delas atue uma tensão, que provoque no ponto uma deformação como a mostrada na figura 3. Esta tensão possui direção contida no plano da seção. A este tipo de tensão damos o nome de Tensão de Cisalhamento e representamos pela letra grega taú (τ).

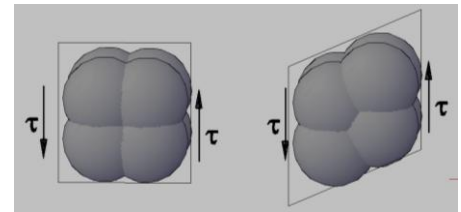


Figura 3 – força cortante em equilíbrio

Como podemos encarar que a tensão de cisalhamento é a distribuição pelos pontos da área da força cortante existente, podemos escrever que:

$$V = \int_A \tau dA$$

Para que as seções possam ter este movimento relativo e não sofram alteração na forma e no tamanho, é necessário que todos os pontos da área de cada seção tenham a mesma deformação. Dentro do regime elástico, se dois pontos de um mesmo material possuem a mesma deformação é porque neles atua a mesma tensão.

Assim, se pode escrever:

$$V = \int_A \tau dA = \tau \int_A dA = \tau A$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

Quando se observa as figuras 2 e 3, se nota que as linhas que unem os pontos correspondentes, das seções adjacentes, sofrem uma inclinação. O ângulo desta inclinação é representado pela letra grega gama (γ) e é denominado por **distorção**.

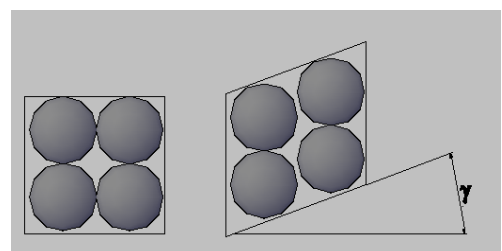


Figura 4 – Ângulo de distorção

O ângulo de distorção e a tensão de cisalhamento dependem exclusivamente do

material. O que se observa é que para materiais diferentes submetidos à mesma tensão, se encontra a mesma tensão. A esta propriedade do material se dá o nome de Módulo de Rigidez Transversal e se indica pela letra “G”.

Com isto é possível escrever:

$$\frac{\tau}{\gamma} = G \rightarrow \boxed{\tau = G \times \gamma}$$

Esta última expressão é conhecida como Lei de Hooke para o cisalhamento.

1.1 Dimensionamento

Da mesma maneira que a tensão normal é possível definir para a tensão de cisalhamento uma tensão de ruína. Mais à frente poder-se-á verificar que, para os materiais dúcteis, existe uma relação entre a tensão normal de ruína e a tensão de ruína ao cisalhamento.

Da mesma forma, o dimensionamento deve prever algum tipo de segurança e com isto; é possível escrever:

$$\boxed{\tau = \frac{V}{A} \leq \bar{\tau}}$$

Sendo

$$\boxed{\bar{\tau} = \frac{\tau_r}{s}}$$

Onde:

$\bar{\tau}$ é a tensão admissível ao cisalhamento

τ_r é a tensão de ruína ao cisalhamento

s é o coeficiente de segurança.

1.2 Exemplos

1. A junta articulada da figura 5 foi construída com ferro fundido comum que possui 650 MPa de resistência à compressão e 150 MPa de resistência à tração. Para unir as

duas partes, foi usado um pino, com 20 mm de diâmetro, feito com aço ABNT 1020, que possui limite de resistência igual a 550 MPa e limite de escoamento igual a 240 MPa. Considerando que a resistência ao cisalhamento do aço seja igual à metade da resistência ao escoamento; determinar, usando um coeficiente de segurança igual a 3, a máxima força F que se pode aplicar na junta sem que o cisalhamento no pino ultrapasse as condições de dimensionamento.

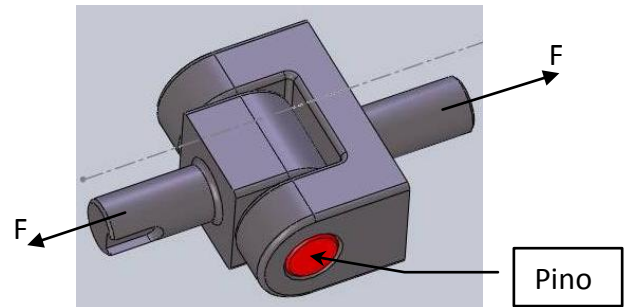


Figura 5 – Junta articulada

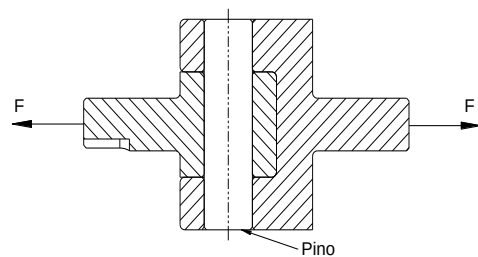


Figura 6 – Corte na Junta articulada

Solução

O pino sofrerá cisalhamento em duas seções, como mostra a figura 7.

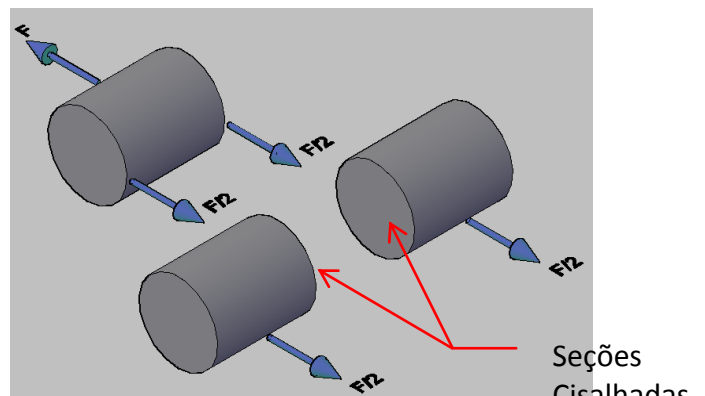


Figura 7 – Seções cisalhadas do pino.

Desta maneira, a força que irá cisalhar cada uma das seções é igual a $F/2$; isto é, em cada seção:

$$V = \frac{F}{2}$$

Como

$$\tau = \frac{V}{A} \leq \bar{\tau}$$

Temos:

$$\tau = \frac{\frac{F}{2}}{\frac{\pi \times d^2}{4}} \leq \bar{\tau}$$

$$\frac{\frac{F}{2}}{\frac{\pi \times d^2}{4}} \leq \frac{\tau}{s} \rightarrow \frac{\frac{F}{2}}{\frac{\pi \times (20\text{mm})^2}{4}} \leq \frac{275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{3}$$

$$F \leq \frac{275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \frac{\pi \times (20\text{mm})^2}{4}}{3 \times 2}$$

$$F \leq \frac{275 \times \pi \times 20^2}{3 \times 2 \times 4} \text{ N}$$

$$\boxed{F \leq 14.400 \text{ N}}$$

2. Duas peças de madeira serão unidas por uma peça de alumínio extrudado que possui limite de escoamento igual a 48 MPa. Estas peças estão sujeitas a uma força $F=10 \text{ kN}$, como mostra a figura 8.

Sabendo-se que a madeira possui as características indicadas na tabela 1, determinar as dimensões desta junta para que o coeficiente de segurança seja igual a 2.

Tabela 1 – Propriedades da madeira.

Resistência	Tração	Compressão	Cisalhamento
Paralelo às fibras	24 MPa	26 MPa	3,8 MPa
Perpendicular às fibras	0,4 MPa	6,3 MPa	3,8 MPa

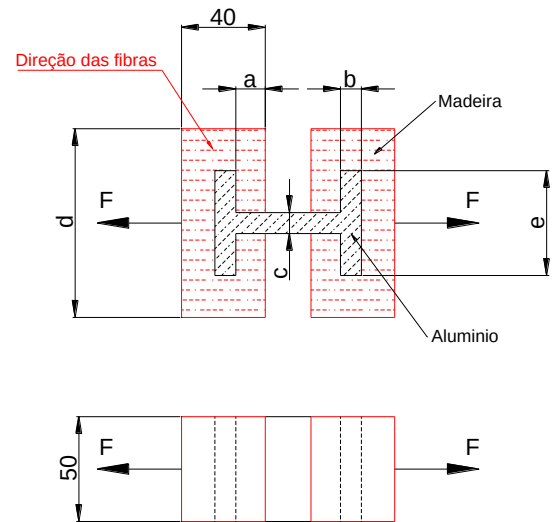


Figura 8

OBS. – Considere que a resistência ao cisalhamento do alumínio seja igual à metade do limite de escoamento.

Solução

Para determinar a dimensão a se deve lembrar que este trecho da peça está sujeito a um cisalhamento. Assim, é possível escrever:

$$\tau = \frac{\frac{F}{2}}{a \times 50\text{mm}} \leq \bar{\tau}$$

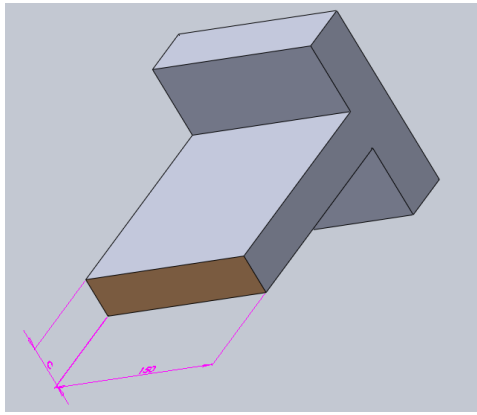
$$\frac{\frac{10.000 \text{ N}}{2}}{a \times 50\text{mm}} \leq \frac{\tau (\text{paralelo às fibras})}{s} \rightarrow$$

$$\frac{\frac{10.000 \text{ N}}{2}}{a \times 50\text{mm}} \leq \frac{3,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2}$$

$$\frac{\frac{10.000 \text{ N}}{2}}{a \times 50\text{mm}} \leq \frac{3,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2} \rightarrow \frac{2 \times 10000}{2 \times 3,8 \times 50} \text{ mm} \leq a$$

$$\boxed{a \geq 52,6 \text{ mm}}$$

Para determinar a dimensão c se deve lembrar que este trecho da peça está sujeito a tração. Assim, é possível escrever:



$$b \geq 8,3\text{mm}$$

Para determinar a dimensão e se deve lembrar que este trecho da peça está sujeito a uma compressão entre o alumínio e a madeira. Como a área em contato é a mesma, o dimensionamento deve ser feito pelo material que possui menor resistência. Neste caso, como, na madeira, a compressão é paralela às fibras, se pode escrever:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \bar{\sigma}$$

$$\frac{F}{c \times 50\text{mm}} \leq \frac{\sigma_e}{s}$$

$$\frac{10.000\text{ N}}{c \times 50\text{mm}} \leq \frac{48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2}$$

$$\frac{2 \times 10.000}{48 \times 50} \text{mm} \leq c$$

$$c \geq 8,3\text{mm}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \bar{\sigma}$$

$$\frac{F}{(e-c) \times 50\text{mm}} \leq \frac{\sigma_e}{s}$$

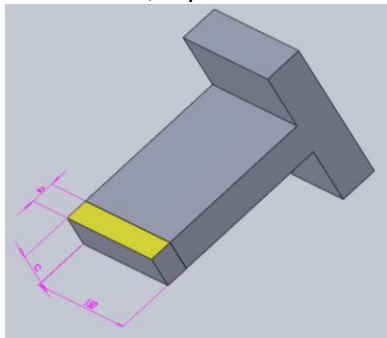
$$\frac{10.000\text{ N}}{(e-c) \times 50\text{mm}} \leq 26 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{10.000}{26 \times 50} \text{mm} \leq (e-c) \rightarrow \frac{10.000}{26 \times 50} \text{mm} + c \leq e$$

$$\frac{10.000}{26 \times 50} \text{mm} + 8,3\text{mm} \leq e$$

$$e \geq 16\text{mm}$$

Para determinar a dimensão b se deve lembrar que este trecho da peça está sujeito ao cisalhamento. Assim, é possível escrever:



$$\tau = \frac{\frac{F}{2}}{b \times 50\text{mm}} \leq \bar{\tau}$$

$$\frac{10.000\text{ N}}{b \times 50\text{mm}} \leq \frac{\tau}{s} \rightarrow \frac{10.000\text{ N}}{b \times 50\text{mm}} \leq \frac{24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2}$$

$$\frac{10.000\text{ N}}{b \times 50\text{mm}} \leq \frac{24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2} \rightarrow \frac{2 \times 10000}{2 \times 24 \times 50} \text{mm} \leq b$$

Para determinar a dimensão d se deve lembrar que este trecho da peça de madeira está sujeito a uma tração paralela às fibras. Neste caso, se pode escrever:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \bar{\sigma}$$

$$\frac{F}{(d-e) \times 50\text{mm}} \leq \frac{\sigma_e}{s}$$

$$\frac{10.000\text{ N}}{(d-e) \times 50\text{mm}} \leq 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{10.000}{24 \times 50} \text{mm} \leq (d-e) \rightarrow \frac{10.000}{24 \times 50} \text{mm} + e \leq d$$

$$\frac{10.000}{24 \times 50} \text{mm} + 1,6\text{mm} \leq d$$

$$d \geq 24,3\text{mm}$$