

# *ELEMENTOS DE MÁQUINAS (SEM 0241)*

Notas de Aulas v.2020

*Lista de exercícios – aula 08 – União eixo cubo*

Professor: Carlos Alberto Fortulan

Ex. 8.1- Uma polia bipartida de fofo, montada através de 4 parafusos, é fixada sobre um eixo de aço de  $\varnothing 40\text{mm}$  pela qual é transmitido um  $M_t=1500\text{kgf.cm}$ .

Qual parafuso devo empregar para fixar a polia?

Qual a largura da polia?

Fazer croqui da polia

Considere  $P_{adm} = 300 \text{ kgf/cm}^2$  para ferro fundido sobre aço.



a) Pré dimensionamento do cubo

$$L \cong x \cdot \sqrt[3]{M_t} = 0,47 \cdot \sqrt[3]{1500} = 5,4 \text{ cm} \rightarrow 54 \text{ mm}$$

$$S \cong y \cdot \sqrt[3]{M_t} = 0,26 \cdot \sqrt[3]{1500} = 3 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ mm}; D = d + 2S = 54 + 60 = 114 \text{ mm}$$

b) Cálculo da força tangencial (U);

$$U = \frac{2 \cdot M_t}{d} = \frac{2 \cdot 1500 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{4 \text{ cm}} = 750 \text{ kgf} = 7500 \text{ N}$$

c) Cálculo da força de separação (Ps);

$$P_s \geq \frac{2M_t}{\pi \cdot d \cdot \mu} = \frac{U}{\pi \cdot \mu} = \frac{750}{\pi \cdot 0,075} \geq 3180 \text{ Kgf}$$

d) Verificação do  $L_{\min}$  polia de fofo sobre aço  $\rightarrow p=300$  a  $500 \text{ kgf/cm}^2$

$$L_{\min} = \frac{P_s}{p_{\text{adm}} \cdot d} = \frac{3180}{300 \cdot 4} = 2,67 \text{ cm} = 26,7 \text{ mm}$$

e) Cálculo do número de parafusos (n) e força mínima por parafuso ( $P_{\text{pmin}}$ )

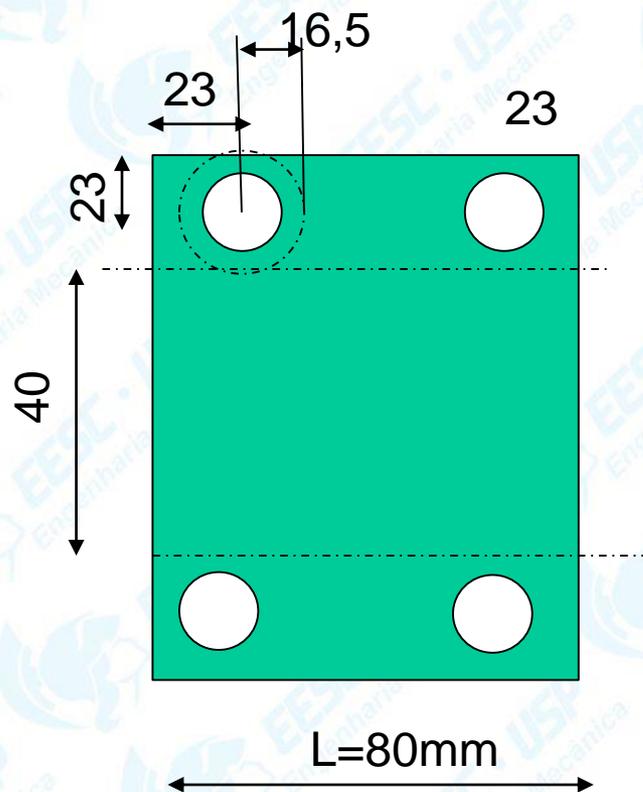
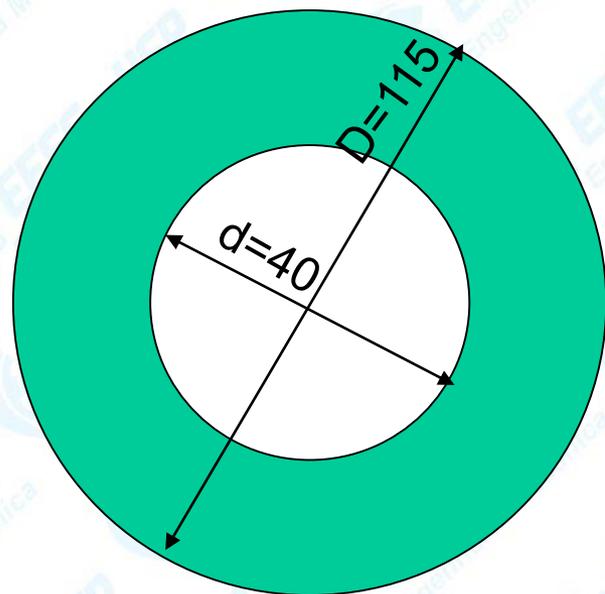
$$n^{\circ} \text{ de parafusos} = \frac{P_s}{\text{carGa admissível no parafuso}} \quad P_n \geq \frac{P_s}{n} = \frac{3180}{4} = 795 \text{ kgf} \rightarrow M18$$

Tabela 10.14 – Nieman I  $\rightarrow$  M18

f) Cálculo do torque em cada parafusos; Torque:  $M_t = F \cdot d \cdot K$ ,  $K_{\max} = 0,2$ ;  $K_{\min} = 0,13$

$$M_{t(\min)} = F \cdot d \cdot 0,13 = 7950 \cdot 0,018 \cdot 0,13 = 18,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{t(\max)} = F \cdot d \cdot 0,2 = 7950 \cdot 0,018 \cdot 0,2 = 28,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$



$$2(16,5+23)=79\text{mm}$$

$$D_{\text{min-mont}} = 40 + 2(23 + 10 + 2) = 110\text{mm}$$

Ex. 8.2. Uma polia bipartida de aço deve ser unida por atrito a um eixo de aço para transmitir um momento torçor de 5000 kgf.cm. São dados:

Diâmetro do eixo - 60mm;

Parafusos da união - allen M8, (DIN 912 / ISO 4762)

$$F_{\max} = 23630 \text{ N}$$

$$\text{Torque: } M_t = F \cdot d \cdot K, \quad K_{\max} = 0,2; \quad K_{\min} = 0,13$$

Coeficiente de atrito estático  $\rightarrow \mu_e = 0,2$ ;

Pressão específica admissível do cubo em alumínio fundido (liga MgAl9)  $\rightarrow$   
 $\rho_{\text{adm}} = 300 \text{ kgf/cm}^2$

Dimensionar Cubo e número de parafusos, definir torque médio de aperto!

Ex. 8.3- Dimensionar a união entre um eixo de aço e um cubo de aço por meio de assento cônico que transmita um Momento Torçor de 9600 kgf.cm e que seja de fácil desmontagem. Determinar o torque necessário aplicado na porca de aperto (rosca métrica fina MF) para que se efetive a força axial necessária para a interferência.

Dados:

diâmetro médio do eixo;  $d_{med}=40\text{mm}$ ;

Coeficiente de atrito médio;  $\mu = 0,2$

TABELA DE ROSCAS X FUROS

LISTA DE EXERCÍCIOS

M DIN 13.150 724.965.1		
D (mm)	P	Ø Furo
M1.0	0,25	0,3
M1.1	0,25	0,9
M1.2	0,25	1,0
M1.4	0,30	1,1
M1.6	0,35	1,3
M1.8	0,35	1,5
M2.0	0,40	1,6
M2.2	0,45	1,8
M2.5	0,45	2,1
M3.0	0,50	2,5
M3.5	0,50	2,9
M4.0	0,70	3,3
M4.5	0,75	3,8
M5.0	0,80	4,2
M6.0	1,00	5,0
M7.0	1,00	6,0
M8.0	1,25	6,8
M9.0	1,25	7,8
M10.0	1,50	8,5
M11.0	1,50	9,5
M12.0	1,75	10,3
M14.0	2,00	12,1
M16.0	2,00	14,1
M18.0	2,50	15,6
M20.0	2,50	17,6
M22.0	2,50	19,6
M24.0	3,00	21,1
M27.0	3,00	24,1
M30.0	3,50	26,6
M33.0	3,50	29,6
M36.0	4,00	32,1
M39.0	4,00	35,1
M42.0	4,50	37,6
M45.0	4,50	40,6
M48.0	5,00	43,1
M52.0	5,00	47,1
M56.0	5,50	50,6
M60.0	5,50	54,6
M64.0	6,00	58,2
M68.0	6,00	62,2

M DIN 13		
D (mm)	P	Ø Furo
M1.7	0,35	1,4
M2.3	0,40	1,9
M2.6	0,45	2,2

BSW (W) BS 84 DIN 11		
D (")	N1"	Ø Furo
W 1/16	50	1,1
W 3/32	48	1,8
W 1/8	40	2,4
W 5/32	32	3,1
W 3/16	24	3,5
W 7/32	24	4,3
W 1/4	20	4,9
W 5/16	18	6,3
W 3/8	16	7,7
W 7/16	14	9,0
W 1/2	12	10,3
W 9/16	12	11,8
W 5/8	11	13,2
W 11/16	11	14,8
W 3/4	10	16,1
W 7/8	9	19,0
W 1	8	21,7
W 1 1/8	7	24,4
W 1 1/4	7	27,6
W 1 3/8	6	30,0
W 1 1/2	6	33,2
W 1 5/8	5	35,4
W 1 3/4	5	38,6
W 1 7/8	4 1/2	41,1
W 2	4 1/2	44,3
W 2 1/4	4	49,8
W 2 1/2	4	56,2
W 2 3/4	3 1/2	61,5
W 3	3 1/2	67,8

MF DIN 13.150 724.965.1		
D (mm)	P	Ø Furo
M12	0,20	0,3
M11	0,20	0,9
M12	0,20	1,0
M14	0,20	1,2
M16	0,20	1,4
M18	0,20	1,6
M20	0,25	1,8
M22	0,25	2,0
M25	0,35	2,2
M30	0,35	2,7
M35	0,35	3,2
M40	0,50	3,5
M45	0,50	4,0
M50	0,50	4,5
M55	0,50	5,0
M60	0,75	5,3
M70	0,75	6,3
M80	0,75	7,3
M90	0,75	8,3
M100	0,75	9,3
M110	0,75	10,3
M80	1,00	7,0
M90	1,00	8,0
M100	1,00	9,0
M110	1,00	10,0
M120	1,00	11,0
M140	1,00	13,0
M150	1,00	14,0
M160	1,00	15,0
M170	1,00	16,0
M180	1,00	17,0
M200	1,00	19,0
M220	1,00	21,0
M240	1,00	23,0
M250	1,00	24,0
M270	1,00	26,0
M280	1,00	27,0
M300	1,00	29,0
M100	1,25	8,8
M120	1,25	10,8
M140	1,25	12,8
M160	1,50	10,5
M180	1,50	12,5
M200	1,50	13,5
M220	1,50	14,5
M240	1,50	15,5
M260	1,50	16,5
M280	1,50	18,5
M300	1,50	20,5
M320	1,50	22,5
M350	1,50	23,5
M380	1,50	24,5

G (BSP) ISO228-1, DIN259, BS2779		
D (")	N1"	Ø Furo
G 1/16	28	6,7
G 1/8	28	8,7
G 1/4	19	11,6
G 3/8	19	15,1
G 1/2	14	18,9
G 5/8	14	20,8
G 3/4	14	24,3
G 7/8	14	28,1
G 1	11	30,6
G 1 1/8	11	35,2
G 1 1/4	11	39,2
G 1 3/8	11	41,7
G 1 1/2	11	45,1
G 1 3/4	11	51,1
G 2	11	57,0
G 2 1/4	11	63,0
G 2 1/2	11	72,5
G 2 3/4	11	78,9
G 3	11	85,1
G 3 1/4	11	91,3
G 3 1/2	11	97,7
G 3 3/4	11	104,4
G 4	11	110,4

MF DIN 13.150 724.965.1		
D (mm)	P	Ø Furo
M27	1,50	25,5
M28	1,50	26,5
M30	1,50	28,5
M32	1,50	30,5
M33	1,50	31,5
M35	1,50	33,5
M36	1,50	34,5
M38	1,50	36,5
M39	1,50	37,5
M40	1,50	38,5
M42	1,50	40,5
M45	1,50	43,5
M48	1,50	46,5
M50	1,50	48,5
M52	1,50	50,5
M18	2,00	16,1
M20	2,00	18,1
M22	2,00	20,1
M24	2,00	22,1
M25	2,00	23,1
M27	2,00	25,1
M28	2,00	26,1
M30	2,00	28,1
M32	2,00	30,1
M33	2,00	31,1
M36	2,00	34,1
M39	2,00	37,1
M40	2,00	38,1
M42	2,00	40,1
M45	2,00	43,1
M48	2,00	46,1
M50	2,00	48,1
M52	2,00	50,1
M30	3,00	27,1
M33	3,00	30,1
M36	3,00	33,1
M39	3,00	36,1
M40	3,00	37,1
M42	3,00	39,1
M45	3,00	42,1
M48	3,00	45,1
M50	3,00	47,1
M52	3,00	49,1
M42	4,00	38,1
M45	4,00	41,1
M48	4,00	44,1
M52	4,00	48,1

BA			
D (")	P (mm)	Ø d1 max (mm)	Broca Ø Furo (mm)
Nº 0	0,00	5,175	3,1
Nº 1	0,90	4,560	4,5
Nº 2	0,81	4,035	4,0
Nº 3	0,73	3,495	3,5
Nº 4	0,66	3,060	3,0
Nº 5	0,59	2,710	2,6
Nº 6	0,53	2,360	2,3
Nº 7	0,48	2,100	2,0
Nº 8	0,43	1,840	1,8
Nº 9	0,39	1,575	1,5
Nº 10	0,35	1,410	1,3
Nº 11	0,31	1,245	1,2

UNC ASME B1.1		
D (")	P	Ø Furo
Nº 1	54	1,5
Nº 2	56	1,8
Nº 3	48	2,0
Nº 4	40	2,3
Nº 5	40	2,6
Nº 6	32	2,8
Nº 8	32	3,4
Nº 10	24	3,9
Nº 12	24	4,5
1/4	20	5,2
5/16	18	6,7
3/8	16	8,1
7/16	14	9,5
1/2	13	10,9
9/16	12	12,4
5/8	11	13,8
3/4	10	16,8
7/8	9	19,7
1	8	22,5
1 1/8	7	25,3
1 1/4	7	28,5
1 3/8	6	31,1
1 1/2	6	34,3
1 3/4	5	39,9
2	4 1/2	45,1
2 1/4	4 1/2	51,5
2 1/2	4	57,8
2 3/4	4	64,1
3	4	70,5

UNF ASME B1.1		
D (")	P	Ø Furo
Nº 0	80	1,0
Nº 1	72	1,5
Nº 2	64	1,8
Nº 3	56	2,1
Nº 4	48	2,4
Nº 5	44	2,6
Nº 6	40	2,9
Nº 8	36	3,5
Nº 10	32	4,1
Nº 12	28	4,6
1/4	28	5,5
5/16	24	7,0
3/8	24	8,6
7/16	20	10,0
1/2	20	11,6
9/16	18	13,0
5/8	18	14,6
3/4	16	17,6
7/8	14	20,6
1	12	23,5
1 1/8	12	26,6
1 1/4	12	29,9
1 3/8	12	32,5
1 1/2	12	36,2

Pt Rosca para Tubo Blindado		
D	Ø d1 max (mm)	Broca Ø Furo (mm)
Pg 7	11,43	11,40
Pg 9	14,01	14,00
Pg 11	17,41	17,30
Pg 13.5	19,21	19,00
Pg 16	21,31	21,25
Pg 21	27,03	26,80
Pg 29	35,73	35,50
Pg 36	45,73	45,50
Pg 42	52,73	52,50
Pg 48	58,03	58,00

Ex. 8.4- Um eixo de aço de 40mm deve ser unido a uma polia de ferro fundido por meio de uma união eixo-cubo com interferência transversal. O momento torçor a ser transmitido é de 1500 kgf.cm. Fazer o dimensionamento completo, incluindo croqui.

a) Pre dimensionamento do cubo

$$L \cong x \cdot \sqrt[3]{M_t} =$$

$$S \cong y \cdot \sqrt[3]{M_t} =$$

b) Cálculo da força tangencial (U);

$$U = \frac{2 \cdot M_t}{d} =$$

c) Cálculo da força de separação (Ps);

$$P_s \geq \frac{2M_t}{\pi \cdot d \cdot \mu} = \frac{U}{\pi \cdot \mu} =$$

d) Verificação do  $L_{\min}$  polia de fofo sobre aço  $\rightarrow p=300$  a  $500 \text{ kgf/cm}^2$

$$L_{\min} = \frac{P_s}{p_{\text{adm}} \cdot d} =$$

e) Cálculo das forças de deslizamento e de retenção;

$$H_R = U \quad H_R = 0,47 \cdot H$$

f) Cálculo da interferência mínima necessária  $u_m$  no regime elástico

$$u_m = \frac{H}{q_1 \cdot L \cdot \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^e \right]} =$$

g) Cálculo da máxima interferência elástica  $u_m < u_e$

$$u_e = \frac{2,2 \cdot d}{1000} =$$

h) Escolha do ajuste ideal;

(folga para montagem)

$$u_{tot} = u_{\max \text{ aj}} + u_f$$

$$u_f = \frac{d}{1000} =$$

i) Determinação da Temperatura de montagem.

$$u_t = \alpha \cdot \Delta T \cdot d \rightarrow \Delta T = \text{—}$$

i) Método de aquecimento