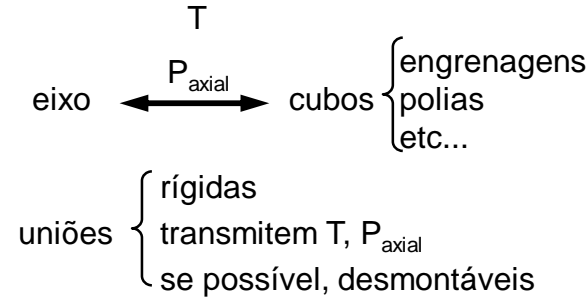
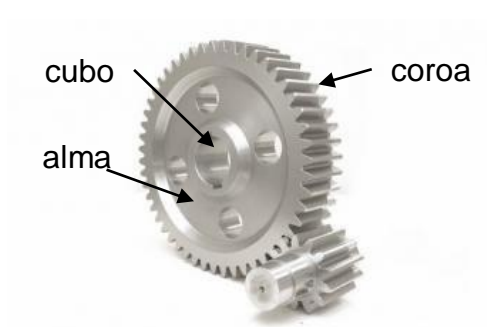


## 8 - UNIÕES EIXO - CUBO

### 8.1 – Introdução



### Tipos de União

#### I - UNIÕES POR ATRITO

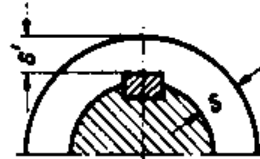
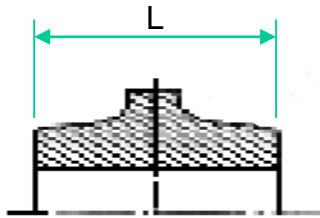
- através de ajuste com interferência transversal
- através de ajuste com interferência longitudinal
- com cubo bipartido
- com assento cônico

#### II - UNIÕES ENCAIXADAS (adaptação de forma)

- pino transversal
- chaveta
- ranhuras múltiplas
- dentes
- perfil K

#### III - UNIÕES ENCAIXADAS SOB TENSÃO

- pino tangencial
- chaveta meia-lua inclinada
- chaveta inclinada embutida
- chaveta inclinada de cravação
- chavetas tangenciais

**valores orientativos de dimensões do cubo**


$$L \cong x^3 \sqrt{T} \quad [\text{cm}]$$

$$S \cong y^3 \sqrt{T} \quad T [\text{Kgf.cm}]$$

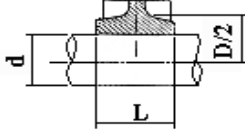
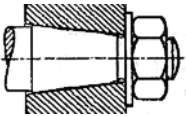
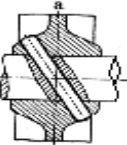
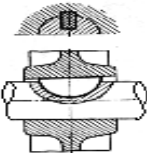
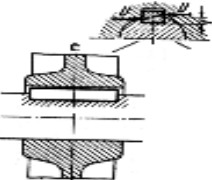
$$S' \cong y'^3 \sqrt{T}$$

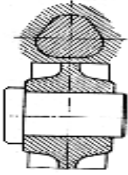
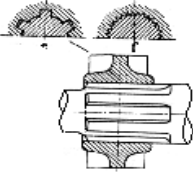
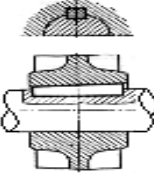
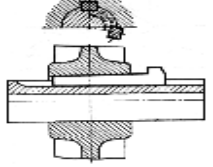
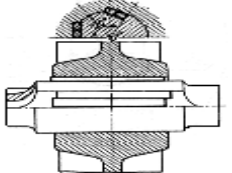
Tabela 18.1 Niemann

União	Cubo de Ferro Fundido			Cubo de aço fundido / aço		
	X	Y	Y'	X	Y	Y'
Ajuste térmico e forçado assento cônico, união por atrito	0.42 – 0.53	0.21 – 0.30	0.21 – 0.30	0.21 – 0.35	0.18 – 0.26	0.18 – 0.27
Chaveta inclinada, plana, ajuste forçado sem interferência, uniões encaixadas	0.53 – 0.70	0.18 – 0.21	0.15 – 0.18	0.35 – 0.46	0.14 – 0.18	0.11 – 0.15
Eixo chavetado DIN 5462	0.34 – 0.42	0.14 – 0.18	0.13 – 0.16	0.21 – 0.30	0.125 – 0.16	0.11 – 0.15
Eixo chavetado DIN 5463	0.21 – 0.30	0.14 – 0.18	0.12 – 0.15	0.13 – 0.21	0.125 – 0.16	0.10 – 0.14
Eixo chavetado DIN 5464	0.14 – 0.21	0.14 – 0.18	0.11 – 0.14	0.08 – 0.13	0.125 – 0.16	0.09 – 0.13

$$L_{\text{cubo}} = \text{máx}(L_{\text{min critério 1}}, L_{\text{min crit 2}}, L_{\text{min crit 3}}, \text{etc})$$

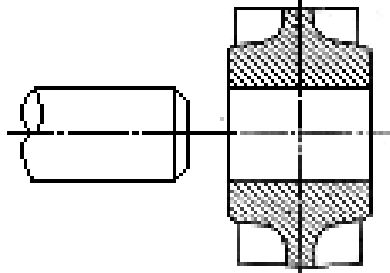
$$\text{também: } L_{\text{engrenagem}} \leq L_{\text{cubo}} \leq 2L_{\text{engrenagem}}$$

ESQUEMA	UNIÃO EIXO CUBO
	Interferência Longitudinal Interferência Transversal
	Assento Cônico Assento Cônico c/ chaveta Assento Cônico c/ chaveta, arruela e porca
	Pino Cônico Transversal Pino Ranhurado Transversal
	Chaveta Meia-Lua
	Chaveta Plana Embutida

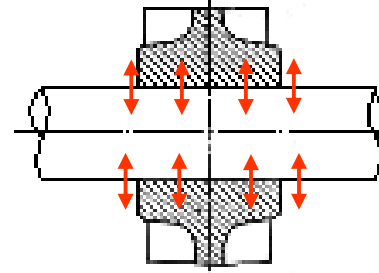
ESQUEMA	UNIÃO EIXO CUBO
	Perfil K Perfil K, arruela e porca
	Ranhuras Ranhuras, arruela e porca Dentes Dentes, arruela e porca
	Chaveta Inclinada Embutida
	Chaveta Inclinada c/ cabeça
	Chaveta Tangencial Cubo bi-partido

## 8.2 – Uniões por atrito

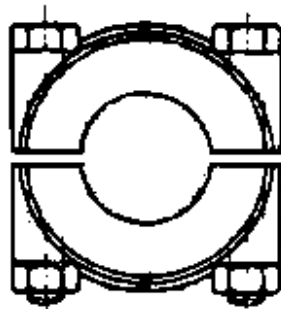
Montagem com prensa



Montagem com dilatação térmica

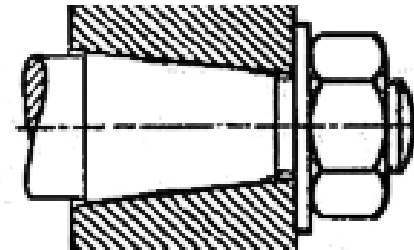


Interferência longitudinal



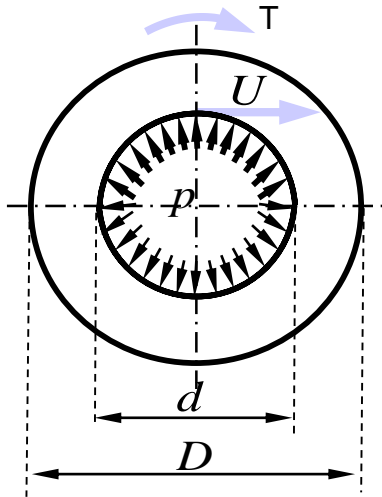
Cubo bipartido

Interferência transversal



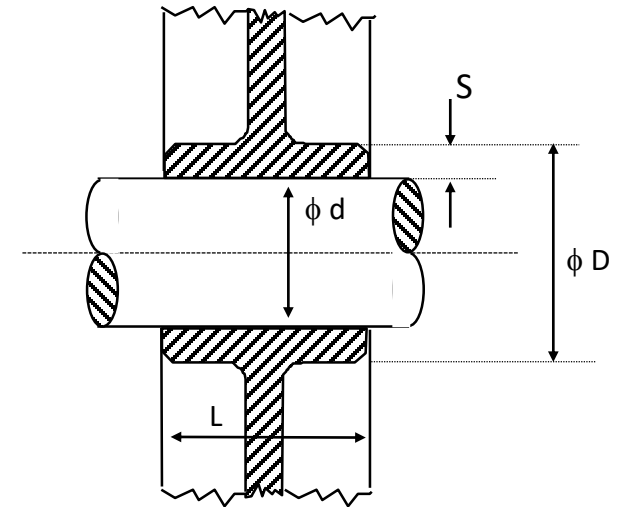
Ajuste cônico

### 8.2.1 -Uniões Eixo-Cubo através de ajuste com Interferência Transversal



- $d_e$  – diâmetro efetivo do eixo
- $D_e$  – diâmetro efetivo do furo ( $D_e < d_e$ )
- $u = d_e - D_e$  (interferência)

Força Tangencial : 
$$U = \frac{2T}{d}$$



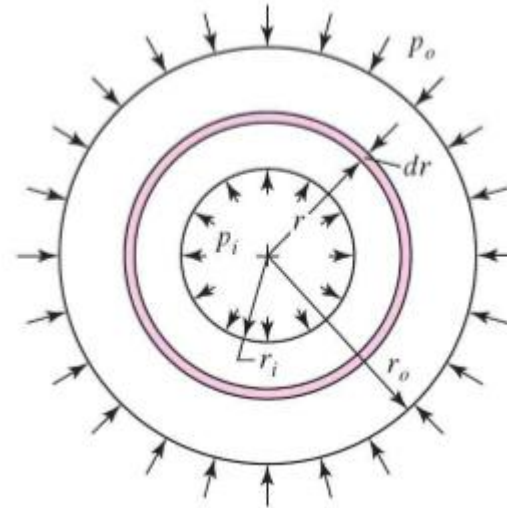
Forças de deslizamento e retenção :

Interferência mínima necessária para transmitir T

$$p = \frac{\delta}{R \left[ \frac{1}{E_o} \left( \frac{r_o^2 + R^2}{r_o^2 - R^2} + \nu_o \right) + \frac{1}{E_i} \left( \frac{R^2 + r_i^2}{R^2 - r_i^2} - \nu_i \right) \right]}$$

$$p = \frac{E\delta}{2R^3} \left[ \frac{(r_o^2 - R^2)(R^2 - r_i^2)}{r_o^2 - r_i^2} \right]$$

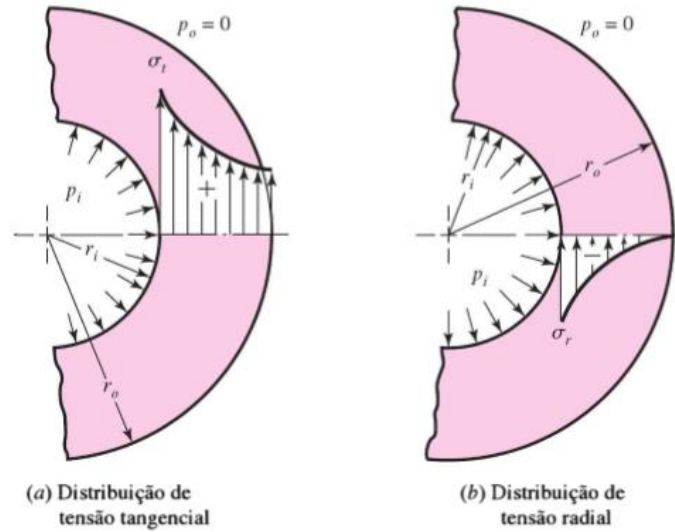
União por interferência - Ajuste por pressão e por contração



$$\sigma_t = \frac{p_i r_i^2 - p_o r_o^2 - r_i^2 r_o^2 (p_o - p_i) / r^2}{r_o^2 - r_i^2} \quad 1$$

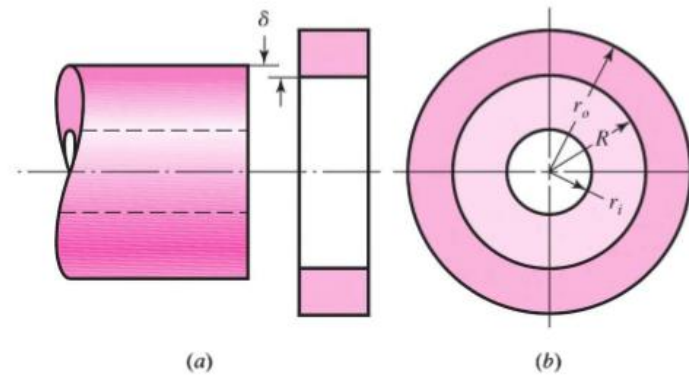
$$\sigma_r = \frac{p_i r_i^2 - p_o r_o^2 + r_i^2 r_o^2 (p_o - p_i) / r^2}{r_o^2 - r_i^2} \quad 2$$





$$\sigma_t = \frac{r_i^2 p_i}{r_o^2 - r_i^2} \left( 1 + \frac{r_o^2}{r^2} \right) \quad 3$$

$$\sigma_r = \frac{r_i^2 p_i}{r_o^2 - r_i^2} \left( 1 - \frac{r_o^2}{r^2} \right) \quad 4$$



$$(\sigma_t)_i \Big|_{r=R} = -p \frac{R^2 + r_i^2}{R^2 - r_i^2}$$

$$(\sigma_t)_o \Big|_{r=R} = p \frac{r_o^2 + R^2}{r_o^2 - R^2}$$

$$\sigma_{r, \text{eixo}} = -p$$

$$\sigma_{r, \text{cubo}} = -p$$

**Alguns dados importantes :**

a) Pressão específica admissível -  $p_{adm}$

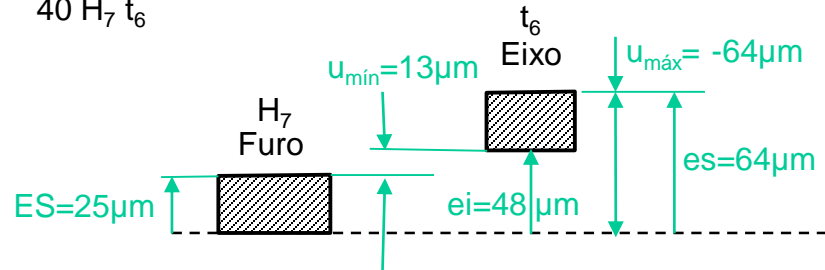
$$p_{adm} \begin{cases} \bullet 30 \text{ a } 50 \text{ [MPa]} & \text{para ferro fundido (fofo)} \\ \bullet 50 \text{ a } 90 \text{ [MPa]} & \text{para aço} \end{cases}$$

b) Máxima interferência para se ter regime elástico :

<b>Eixo</b>	<b>Cubo</b>	<b>Interferência [<math>\mu\text{m}</math>]</b>
Aço	Aço	3.5d
Aço	FoFo	2.2d
Aço	Celeron	2.0d

### Escolha do ajuste que satisfaz:

Exemplo: 40 H<sub>7</sub> t<sub>6</sub>



$$eixo \quad 40_{+48}^{+64}$$

$$furo \quad 40_0^{+25}$$

$$u_{refer\acute{e}ncia} = 3,5d = 140 \mu m$$

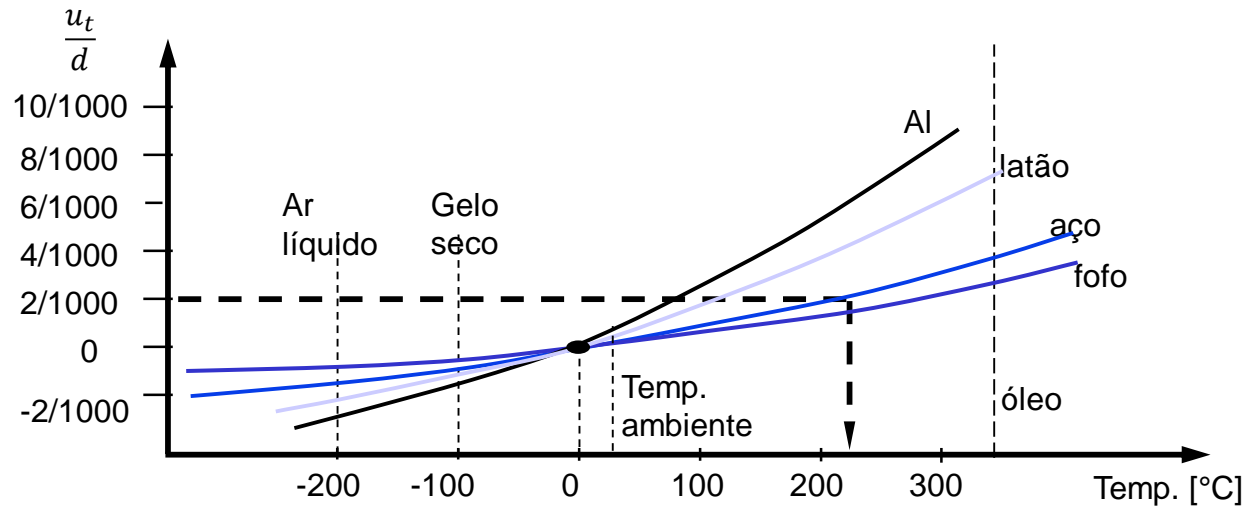
$$u_{m\acute{a}x \text{ aj.}} = 64 - 0 = 64 \quad [\mu m]$$

$$u_{m\acute{i}n \text{ aj.}} = 48 - 25 = 23 \quad [\mu m]$$

### Determinação da temperatura de montagem :

$$u_t = u_{m\acute{a}x aj} + u_f \qquad u_f = \frac{d}{1000} \text{ (folga de montagem)}$$

$$\frac{u_t}{d} = \text{dilata\c{c}\~ao t\~ermica relativa}$$



OBS.:

$u_t$  pode ser maior que  $u_{refer\acute{e}ncia}$  só na montagem. A união, neste caso, vai trabalhar com  $u_{m\acute{a}x ajuste}$ .

### Temperaturas de referência

$u_t$  máximo possível de ser conseguida



<b>Aquecimento do Cubo</b>	Chapa quente Óleo quente Forno	Até 100°C Até 370°C Até 700°C	$\frac{3,5d}{1000}$
<b>Resfriamento do eixo</b>	Gelo seco (CO <sub>2</sub> líq.) O <sub>2</sub> líq. , N <sub>2</sub> líq	Até -80°C Até -196°C	$\frac{0,67d}{1000}$

Se  $u_t > u_{t \text{ máximo possível}}$ , aquecer cubo e resfriar eixo

Força transmitida:

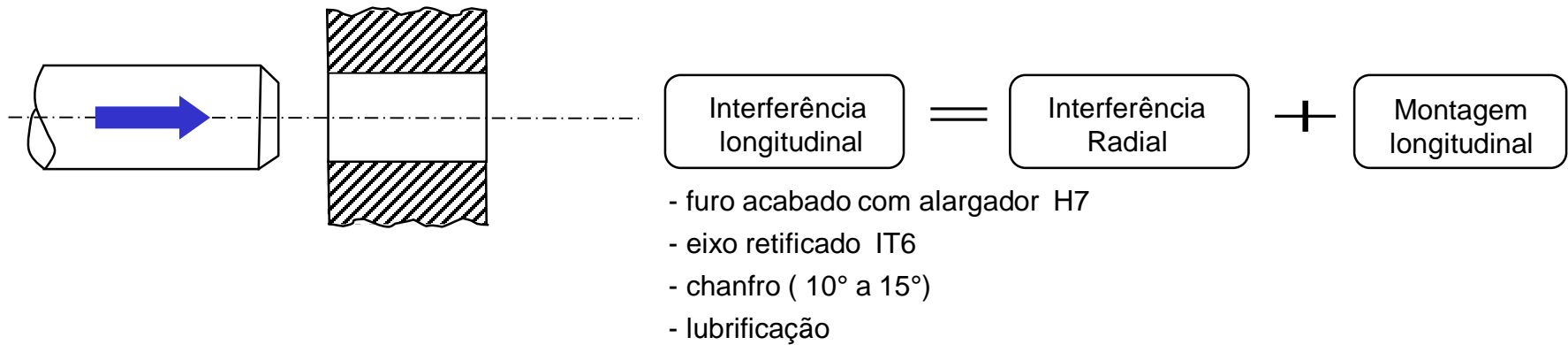
$$F_t = U = \mu N = \mu(pA) = \mu \left[ p 2\pi \left( \frac{d}{2} \right) L = \mu p \pi d L \right]$$

Torque transmitido:

$$T = F_t \left( \frac{d}{2} \right) = \mu p \pi d L \left( \frac{d}{2} \right)$$

$$T = \left( \frac{\pi}{2} \right) \mu p L d^2$$

### 8.2.3 - União Eixo-Cubo através de Ajuste com Interferência Longitudinal



Interferência total :

$$u_t = u_m + u_v$$

$u_v \rightarrow$  compensar perda de interferência por alisamento na montagem

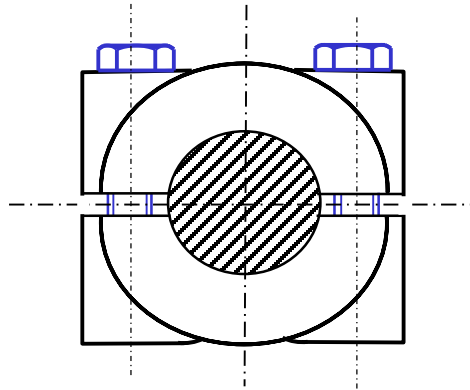
$u_v$ [ $\mu\text{m}$ ]	0.7	1	2	3	4	5	6	7
Acab. furo	▽▽▽▽		▽▽▽		▽▽		▽	~

Escolha do ajuste :

<b>Ajuste</b>	H <sub>7</sub> S <sub>6</sub>	H <sub>7</sub> t <sub>6</sub>	H <sub>7</sub> u <sub>6</sub>	H <sub>7</sub> x <sub>6</sub>	H <sub>7</sub> Z <sub>6</sub>	H <sub>7</sub> Z <sub>a6</sub>	H <sub>7</sub> Z <sub>b6</sub>	H <sub>7</sub> Z <sub>c6</sub>
$u_t \frac{1000}{d}$	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	3.15	4.00	5.00



### 8.2.4 - União por Atrito com Cubo bi-partido



$$H = \pi d L \rho \mu \geq \frac{2T}{d}$$

$$P_s = p d L = \frac{2T}{\pi d \mu}$$



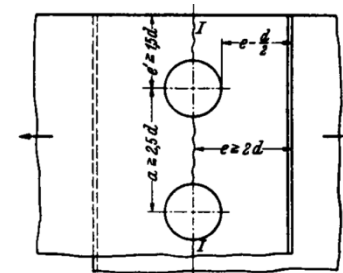
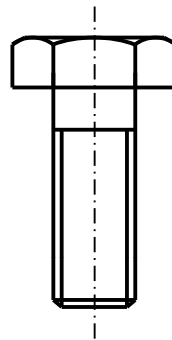
Distribuição orientativa:

$$P_s = i \times P_b$$

$$P_b = A_t S_p$$

$$i = \frac{2T}{\mu d \mu A_t S_p}$$

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

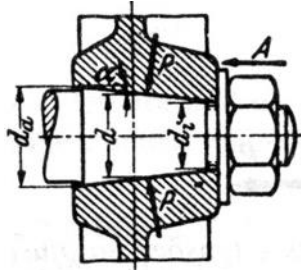


### 8.2.5 - União por Atrito com Assento Cônico

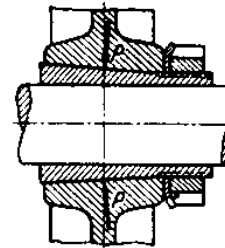
Vantagem



facilidade de desmontagem



eixo cônico



cone postiço

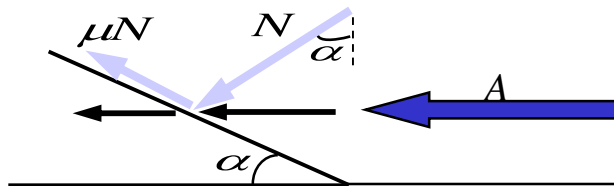
Escolha de  $\alpha$  :

Uso do cubo



$\alpha$ : tab 18.5 - NIEMANN v.2, p.68

Força Axial necessária ( A ) :



$$A = N \sin \alpha + \mu \cos \alpha$$

$$A = N (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad ; \alpha \text{ pequeno}$$

$$A = N (\tan \alpha + \mu) \quad ; H = \mu N$$

$$A = H \cdot \frac{(\tan \alpha + \mu)}{\mu}$$

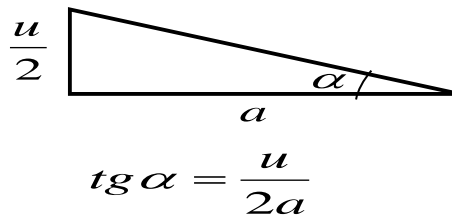
$$H = \frac{2.M_t}{0,47.d_{medio}}$$

$$H_R = U = 0,47.H$$

- Interferência mínima necessária :

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

- Deslocamento axial necessário :

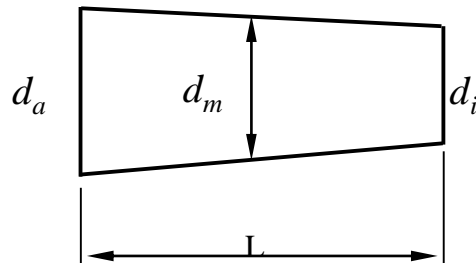


$$a = \frac{u_m}{2 \cdot tg \alpha}$$

- Pressão específica :

$$p = \frac{H}{\mu \cdot \pi \cdot d_{med} \cdot L} \leq P_{adm}$$

- Dimensões do cone :



$$d_a = d_m + L \cdot tg \alpha$$

$$d_i = d_m - L \cdot tg \alpha$$

$$tg \alpha = \frac{d_a - d_i}{2 \cdot L}$$

TABELA 11.4 – Valores admissíveis de  $p$ ,  $\tau_f$  e  $\tau$  (kgf/cm<sup>2</sup>) para junções por pinos, segundo a Tab. 11.3, com solicitação “pulsante”. Para solicitações “alternantes”, multiplicar por 0,7, para estáticas, por 1,5. Para movimento de escorregamento, adotar  $p$  segundo o Cap. 15.6. Para pinos ranhurados, multiplicar os valores de  $p$  também por 0,7 (pressão elevada de ranhura).

Material	St 37	St 50	St 60	St 70	GS	GG
$p$	650	880	1050	1200	550	450
$\sigma_f$	550	700	850	1000	—	—
$\tau$	360	480	580	680	—	—

NIEMANN, G. (1971) Elementos de Máquinas. Ed. Edgard Blücher Ltda. V.1, p.185

TABELA 18.4 – Coeficientes para ajustes forçados, segundo experiências [18/9], [18/10]

Material		$u_e$	$q_1$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$e$	$q_2$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$B$	$C$
Eixo	Cubo	(cm)	da Eq. (8)		da Eq. (9)	da Eq. (10)	
St 50	St 50	$d \cdot 3,5/1\ 000$	$5 \cdot 10^5$	2	$2,1 \cdot 10^5$	112	450
St 50	GG	$d \cdot 2,2/1\ 000$	$3,7 \cdot 10^5$	1	$1,12 \cdot 10^5$	510	0
St 50	elétron	$d \cdot 2/1\ 000$	$1,4 \cdot 10^5$	1	$0,72 \cdot 10^5$	225	0

NIEMANN, G. (1995) Elementos de Máquinas. Ed. Edgard Blücher Ltda. V.2, p.66

TABELA 18.5 – Inclinações comuns para cones.

Cone ( $d_a - d_i$ )/L	Inclinação tg $\alpha$	$\alpha$	Empregado para
1 : 5	1 : 10	5° 42' 38"	cubos facilmente desmontáveis sobre eixos
1 : 10	1 : 20	2° 51' 45"	cubos desmontáveis sobre eixos e buchas reajustáveis para mancais
1 : 12	1 : 24	2° 23' 10"	buchas cônicas para mancais de êmbolo
1 : 15	1 : 30	1° 54' 30"	hélices, hastes do êmbolo
1 : 20	1 : 40	1° 25' 56"	cone métrico; DIN 233 para ferramentas

Valores práticos: tg  $\alpha$ , segundo Tab. 18.5; coeficiente de atrito  $\mu = \text{tg } \rho = 0,15$  a  $0,25$ .

NIEMANN, G. (1995) Elementos de Máquinas. Ed. Edgard Blücher Ltda. V.2, p.68

### 8.3 – Uniões Eixo-Cubo encaixadas (ou por adaptação de forma)

#### 8.3.1 – Uniões encaixadas com pino transversal

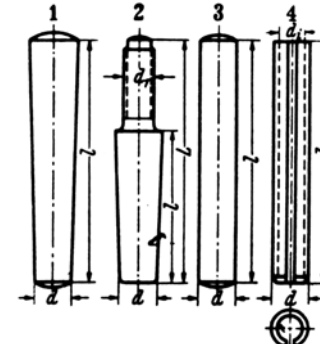
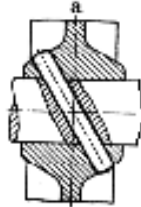


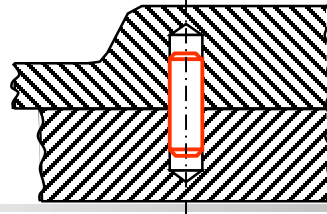
Figura 11.1 – Pino cônico 1, pino cônico com rôca 2, pino cilíndrico 3 e pino elástico 4 Niemann, v.1, p.181

- Forma tradicional e econômica
- Serve para pequenos T → uso implica maior concentração de tensões
- Pode ser usado para limitar forças aplicadas  
(pino de segurança → Área seção =  $\frac{F_{adm}}{\tau_{adm}}$  )
- O pino cilíndrico pode ser usado como posicionador.

Parafusos fixam  
Pinos posicionam

Ex: União de carcaça bi-partida de um redutor de velocidades

Ajuste H<sub>7</sub>g<sub>6</sub>



- Os pinos são encaixados sob pressão, exigem tolerância dimensional no furo e de posição (no cubo e eixo ).
- Pino cônico dá interferência mais controlada.
- Pino com rosca facilita a retirada.
- Pino elástico adapta-se ao furo e não exige tolerância apertada. São feitos de aço de mola ( $S_{ut} = 1400 \text{ MPa}$ ).

Para escolha, ver Notas de Aula de DTM I

- Resistência ao cisalhamento :

- Pino maciço aço ( $S_{ut}=600 \text{ MPa}$ )	100%
- Pino elástico leve	62%
- Pino elástico pesado	112%
- Pino ranhurado (cavilha)	155%

$$d_e = 1,5.d_i$$

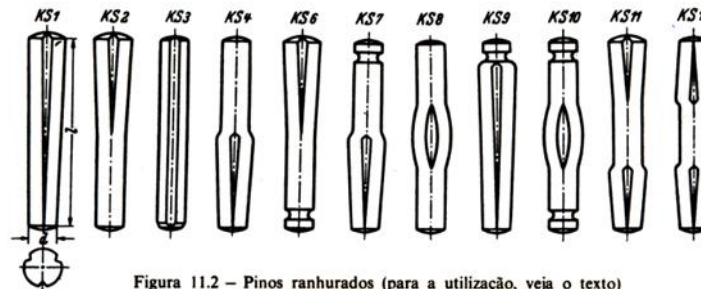
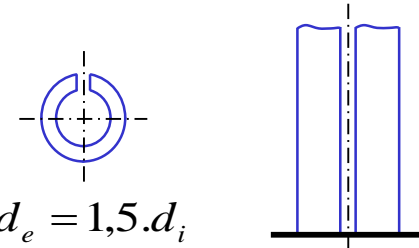
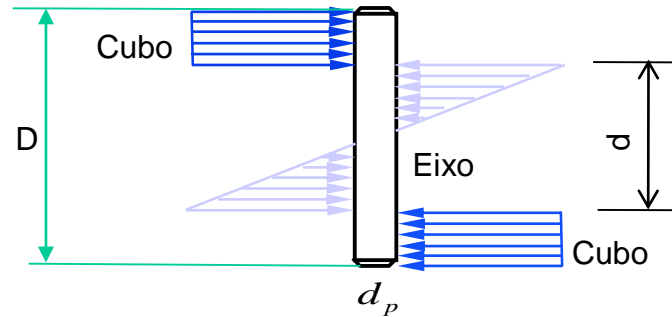
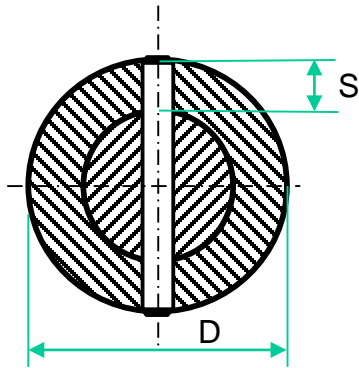


Figura 11.2 – Pinos ranhurados (para a utilização, veja o texto)

- Cavilhas → ranhuras permitem deformação plástica.
- Ajuste com forte interferência.
- Desmontagem com dano.

**Dimensionamento :**

**a) Diâmetro do pino :**

$$q = \frac{d_p}{d} = 0,2 \quad \text{a} \quad 0,3$$

**b) Dimensões do cubo :**

Pode-se adotar :

$$\begin{cases} D = d + 0,8d \\ S = y \cdot \sqrt[3]{M_t} \end{cases} \quad \text{ou então ,} \quad \begin{cases} \frac{D}{d} = 2 \\ \frac{D}{d} = 2,5 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{ p/ cubos de aço} \\ \rightarrow \text{ p/ cubos de fofo} \end{array}$$

**c) Tensão de cisalhamento do pino :**

$$\tau_p = \frac{U}{\text{Área}_{\text{pino}}} = \frac{2T4}{d2\pi d_p^2} = \frac{4T}{\pi d d_p^2} \leq S_{sy}/n$$

d) Pressão específica :

$$p_{e \text{ máx}} = \frac{6T}{d_p d^2}$$

$$p_{cubo} = \frac{T}{S d_p (d + S)}$$

S = espessura do cubo

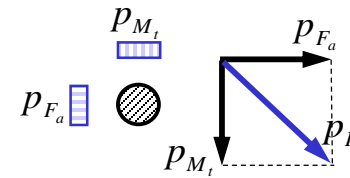
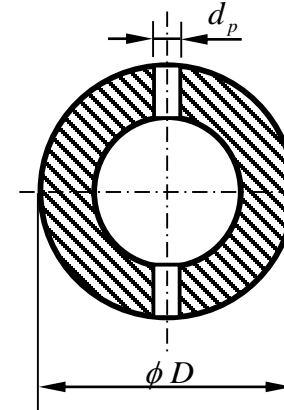
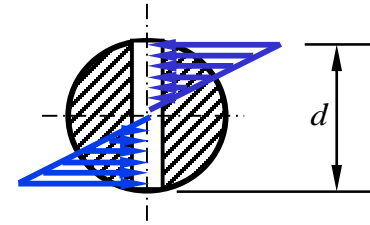
No caso de força axial

$$p_e = \frac{F_{ax}}{d \cdot d_p}$$

$$p_{cubo} = \frac{F_{ax}}{2 \cdot S \cdot d_p}$$

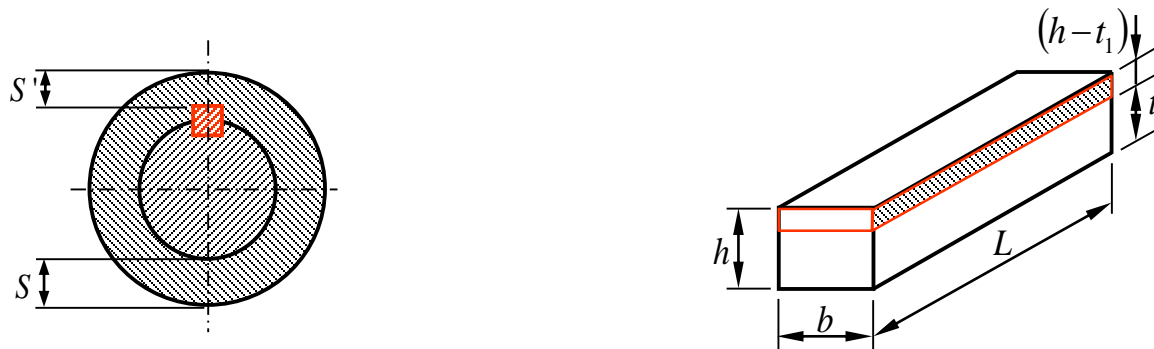
Se temos  $M_t + F_{axial}$  concomitantes

$$P_R \leq P_{adm}$$





### 8.3.2 – Uniões Eixo-Cubo com Chavetas Paralelas (ou “Planas”)



- União eixo-cubo mais comum
- Adequados para torque sem reversão
- Usado também como segurança em assento cônico
- Chaveta meia lua só para baixos torques
- Chavetas são feitas de aço ABNT 1010 ou 1020
- No máximo, utilizam-se duas chavetas à 120° uma da outra, se os cálculos indicam mais, então a união por chaveta deve ser desconsiderada.

#### Ajustes:

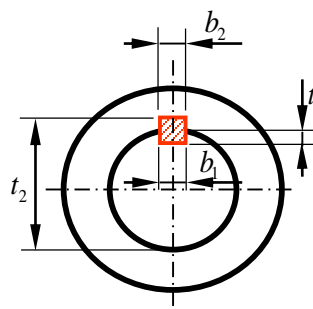
##### Chaveta / eixo

$h_8 R_8 \rightarrow$  interferência

##### Chaveta / cubo

largura -  $h_8 H_9 \rightarrow$  indeterminado com tendência a folga

altura -  $H_{11} h_{11} \rightarrow$  grande folga



Eixo:  $t_1 - C_{11}$   
 $b_1 - R_8$

Cubo:  $t_2 - H_{11}$   
 $b_2 - H_9$

Chaveta :  $b - h_8$   
 $h - h_{11}$

**Dimensionamento:**

$$S, S', L \quad \Rightarrow \quad L \cong x\sqrt[3]{T} \quad S \cong y\sqrt[3]{T} \quad S' \cong y'\sqrt[3]{T}$$

$$\left. \begin{array}{l} b, h \\ t_2, t_1 \end{array} \right\} \quad \Rightarrow \quad \text{Ver notas de aula de DTM I}$$

**a) Verificação  $L_{\min}$  :**

$$U = \frac{2T}{d} = p(h - t_1)Li \quad i = \text{número de chavetas ( } i = 1 \text{ ou } 2 \text{ )}$$

$$T = (h - t_1)\frac{d}{2}p_{adm}Li \quad L_{\min} = \frac{2T}{(h - t_1)dp_{adm}i}$$

**b) Esmagamento do cubo ( + crítica  $(h-t_1) < t_1$  )**

$$p_{cubo} = \frac{U}{(h - t_1)L} = \frac{2T}{(h - t_1)Ld} \leq p_{adm}$$

**c) Esmagamento do eixo :**

$$p_{eixo} = \frac{U}{t_1L} \leq p_{adm} \quad p/i \text{ chavetas } L = i(0,75L) *$$

**d) Cisalhamento chaveta :**

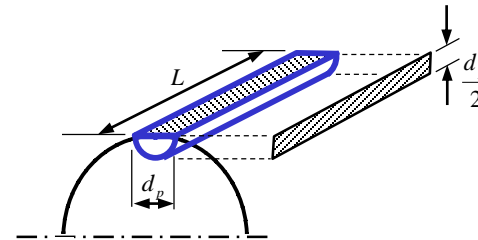
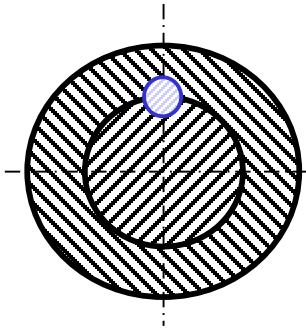
$$\frac{S_{sy}}{n} = \frac{U}{bL}$$

$$S_{sy} = 0,577S_y$$

$n = \text{fator de projeto}$

\* fator 0,75 para 2 chavetas deve-se ao não apoio perfeitamente simultâneo

### 8.3.3 – Uniões com Pinos Longitudinais (“Chaveta Redonda”)



$$\frac{d_p}{d} = 0,13 \sim 0,16$$

$$L = 1 \cdot d \sim 1,5 \cdot d$$

Verificação :

**Pino :**

$$U = \frac{2T}{d}$$

$$P_{pino} = \frac{U}{\frac{1}{2} \cdot d_p \cdot L}$$

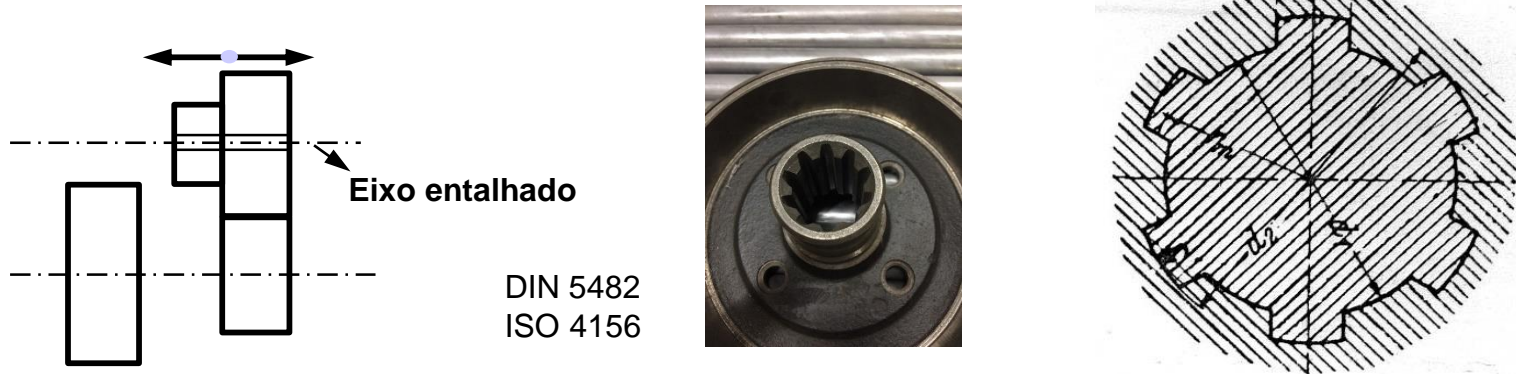
$$\Rightarrow p_{pino} = \frac{4T}{dd_p L} \leq p_{adm}$$

$$\tau_p = \frac{U}{d_p \cdot L}$$

$$\Rightarrow \tau_p = \frac{2T}{dd_p L} \leq \tau_{adm}$$

### 8.3.4 – Uniões Encaixadas por Ranhuras Múltiplas (spline, entalhado, ranhurado)

- Usa-se p/  $M_t$  elevado, com reversão, choques. Altas séries .
- Permite deslocamento axial → uso em variadores de velocidade.



- Travamento longitudinal com anéis elásticos, separadores, ressaltos .
- 4 a 20 estrias, dependendo de  $d$  , DIN 5461/4
- Fabricação cubo → brochamento  
eixo → geração ( Hob, fresa )

<https://www.youtube.com/watch?v=lkc1Va7GIEU>

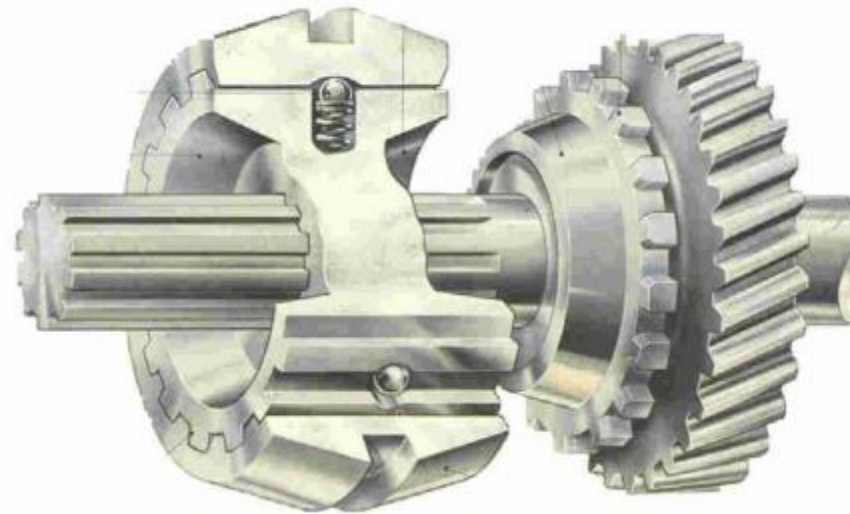
- 75 % estrias são ativas ( devido a erros de posição )
- Ajuste é deslizante de precisão .
- Centragem do cubo é feita :

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fgfyca.com%2Fscornfulcavernousbass&psig=AOvVaw36AddESxO5wdHyDXE8zMxc&ust=1590356455916000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMiywdP5yukCFQAAAAAdAAAAABBY>

- pelos flancos (  $i = 8$  a  $20$  )

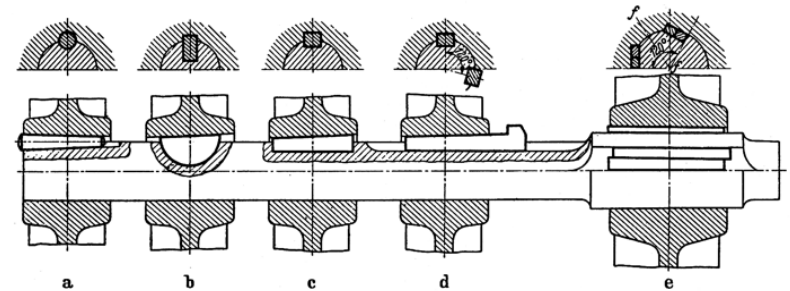
- por  $d_1$  (  $i$  até  $10$  )

• Dimensões básicas ( $d_1$  ,  $d_2$  ,  $b$ ) : tab. 18.8 - Niemann, v.2, p.73

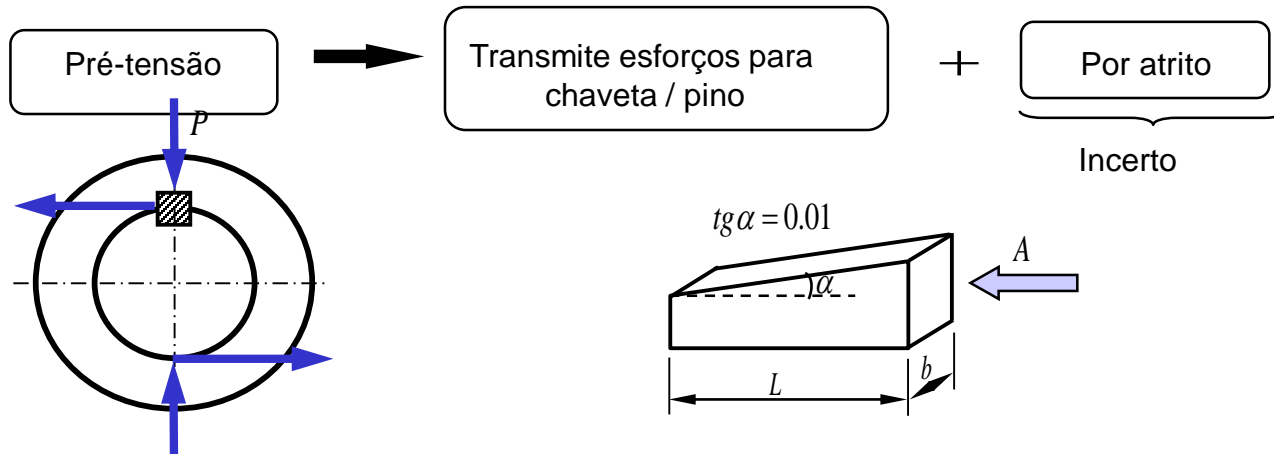


Sistema sincronizador de caixa de câmbio de veículos

### 8.4 – Uniãos encaixadas sob Tensão (pré-tensão)



- Pré-tensão é conseguida com pinos ou chavetas com **conicidade**



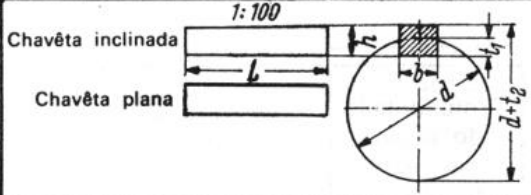
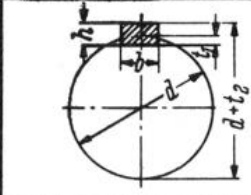
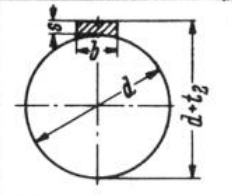
A força  $P = p \cdot b \cdot L$  atua em pelo menos dois pontos

$$H = 2P\mu \geq U = \frac{2T}{d} \Rightarrow P = \frac{T}{d \cdot \mu}$$

Força de cravação :  $A = P(\operatorname{tg} \alpha + 2\mu)$

Força  $A_{\text{lim}} = \sigma_{\text{adm}} \cdot b \cdot h$

TABELA 18.6 – Dimensões (mm) dos rasgos e de chavêtas planas e inclinadas segundo DIN.

															
Chavêta inclinada															
Chavêta plana															
Eixo <i>d</i>	Para chavêtas planas, segundo DIN 6885 (fevereiro de 1956), e chavêtas inclinadas, segundo DIN 6886 (fevereiro de 1956)								Eixo <i>d</i>	Para chavêtas inclinadas planas, segundo DIN 6883 (fevereiro de 1956)				Para chavêtas vazadas côncavas, segundo DIN 6881 (fevereiro de 1956)	
	de	a	b	<i>h</i> *	<i>t</i> <sub>2</sub> *	<i>t</i> <sub>1</sub> *	<i>t</i> <sub>2</sub>	<i>t</i> <sub>1</sub>		<i>t</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> · <i>s</i>	<i>t</i> <sub>2</sub>			
10	12	4	4	4	1,7	1,7	2,4	2,4							
12	17	5	5	3	2,2	1,2	2,9	1,9							
17	22	6	6	4	2,6	1,6	3,5	2,5							
22	30	8	7	5	3,0	2,0	4,1	3,1	22	30	8 · 5	1,3	3,2	8 · 3,5	3,2
30	38	10	8	6	3,4	2,4	4,7	3,7	30	38	10 · 6	1,8	3,7	10 · 4,0	3,7
38	44	12	8	6	3,2	2,2	4,9	3,9	38	44	12 · 6	1,8	3,7	12 · 4,0	3,7
44	50	14	9	6	3,6	2,1	5,5	4,0	44	50	14 · 6	1,4	4,0	14 · 4,5	4,0
50	58	16	10	7	3,9	2,4	6,2	4,7	50	58	16 · 7	1,9	4,5	16 · 5,0	4,5
58	65	18	11	7	4,3	2,3	6,8	4,8	58	65	18 · 7	1,9	4,5	18 · 5,0	4,5
65	75	20	12	8	4,7	2,7	7,4	5,4	65	75	20 · 8	1,9	5,5	20 · 6,0	5,5
75	85	22	14	9	5,6	3,1	8,5	6,0	75	85	22 · 9	1,8	6,5	22 · 7,0	6,5
85	95	25	14	9	5,4	2,9	8,7	6,2	85	95	25 · 9	1,9	6,4	25 · 7,0	6,4
95	110	28	16	10	6,2	3,2	9,9	6,9	95	110	28 · 10	2,4	6,9	28 · 7,5	6,9
110	130	32	18	11	7,1	3,5	11,1	7,6	110	130	32 · 11	2,3	7,9	32 · 8,5	7,9
130	150	36	20	12	7,9	3,8	12,3	8,3	130	150	36 · 12	2,8	8,4	36 · 9,0	8,4
150	170	40	22	14	8,7	4,6	13,5	9,5	150	170	40 · 14	4,0	9,1	—	—
170	200	45	25	16	9,9	5,3	15,3	10,8	170	200	45 · 16	4,7	10,4	—	—

Tab. 18.6 – Niemann v.2, p.71

TABELA 18.8 – Eixos e cubos ranhurados entalhados, dimensões nominais (mm)

1. Para veículos a motor, segundo DIN 5461 até 5464 (fevereiro de 1939).

Dimensões nominais: ver Tab. a e Fig. a.

Tolerâncias: ver DIN 5465.

Centragem: centragem interna, para eixos com 6 a 10 ranhuras, centragem pelos flancos, para eixos com 8 a 20 ranhuras.

Exemplo de designação: eixo entalhado 28 × 32 × 7 DIN 5462.

 Momento de torção:  $M_t = 0,75 \cdot i \cdot h \cdot r_m \cdot L \cdot p/10$  (cmkgf)

 com o número de entalhes  $i$ ,  $r_m = \frac{d_1 + d_2}{4}$  (mm),

 comprimento do cubo  $L$  (mm), altura útil do ressalto  $h$  e pressão específica  $p$  (kgf/mm<sup>2</sup>).

 Dado de tabela:  $M_{10} = M_t$  para  $p = 10$  kgf/mm<sup>2</sup> e  $L = 1$  mm.

Momento de torção admissível para um funcionamento com choques (sem choques):

 $M_t = 0,4 \cdot L \cdot M_{10} = (0,6 \cdot L \cdot M_{10})$  para cubos de ferro fundido,  $L$  em mm!

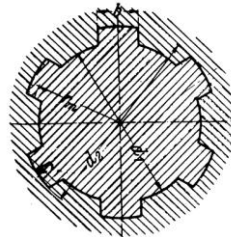
 $M_t = 0,7 \cdot L \cdot M_{10} = (1 \cdot L \cdot M_{10})$  para cubos de aço.


Figura a

2. Para máquinas operatrizes, segundo DIN 5471 (maio de 1952), com 4 entalhes.

Dimensões nominais: ver Tab. b e Fig. b.

Forma A: fabricado pelo processo de geração.

Forma B: fabricado pelo processo descontínuo com uma fresa de disco.

Exemplo de designação: eixo entalhado A 46 × 52 × 14 DIN 5471.

 Momento de torção admissível: como acima, com  $i_{10}$  segundo a Tab. b.

 Tolerâncias: Para  $d$ : H 7 – g 6

 Para  $D$ : H 13 – a 11

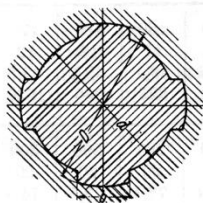
 Para  $b$ : D 9 – h 9


Figura b

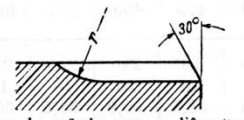

 $r$  de acordo com o diâmetro da ferramenta

TABELA a.

Diâmetro interno $d_1$ , mm	Leve DIN 5462				Médio DIN 5463				Pesado DIN 5464			
	Número de entalhes	$d_2$ , mm	$b$ , mm	$M_{10}$ , cmkgf/mm	Número de entalhes $i$	$d_2$ , mm	$b$ , mm	$M_{10}$ , cmkgf/mm	Número de entalhes $i$	$d_2$ , mm	$b$ , mm	$M_{10}$ , cmkgf/mm
11	—	—	—	—	6	14	3	25,4	—	—	—	—
13	—	—	—	—	6	16	3,5	29,5	—	—	—	—
16	—	—	—	—	6	20	4	57	10	20	2,5	94,5
18	—	—	—	—	6	22	5	63	10	23	3	146
21	—	—	—	—	6	25	5	72,5	10	26	3	167
23	6	26	6	49,5	6	28	6	109	10	29	4	234
26	6	30	6	88,2	6	32	6	144	10	32	4	240
28	6	32	7	94,5	6	34	7	154	10	35	4	320
32	8	36	6	122	8	38	6	231	10	40	5	432
36	8	40	7	138	8	42	7	258	10	45	5	570
42	8	46	8	159	8	48	8	297	10	52	6	706
46	8	50	9	173	8	54	9	450	10	56	7	766
52	8	58	10	330	8	60	10	505	16	60	5	1010
56	8	62	10	354	8	65	10	635	16	65	5	1280
62	8	68	12	390	8	72	12	805	16	72	6	1620
72	10	78	12	563	10	82	12	1155	16	82	7	1850
82	10	88	12	638	10	92	12	1350	20	92	6	2610
92	10	98	14	712	10	102	14	1455	20	102	7	2910
102	10	108	16	790	10	112	16	1605	20	115	8	4480
112	10	120	18	1300	10	125	18	2450	20	125	9	4900

TABELA b.

Dimensões nominais do eixo e do cubo em mm $d \cdot D \cdot b$	$M_{10}$ , cmkgf/mm
11 · 15 · 3	23,4
13 · 17 · 4	27
16 · 20 · 6	37,5
18 · 22 · 6	42
21 · 25 · 8	48,3
24 · 28 · 8	54,5
28 · 32 · 10	65
32 · 38 · 10	105
36 · 42 · 12	117
42 · 48 · 12	135
46 · 52 · 14	147
52 · 60 · 14	252
58 · 65 · 16	231
62 · 70 · 16	297
68 · 78 · 16	437



