

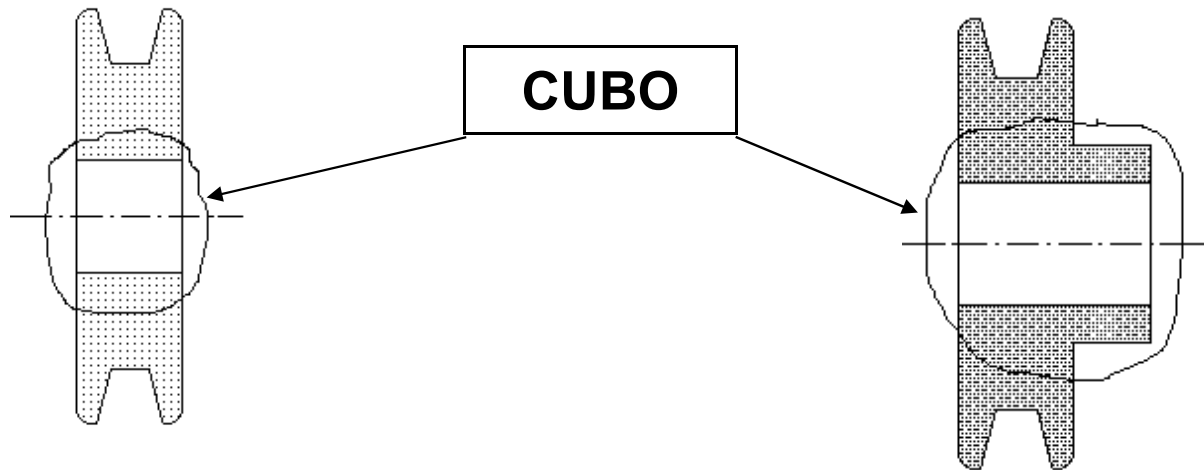
# **FIXAÇÕES CUBO-EIXO**

**Prof. Dr. Nicola Getschko**

# Fixações Cubo-Eixo

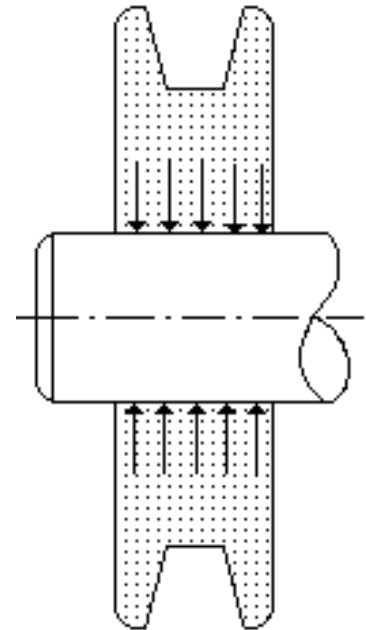
- **1. OBJETIVOS**
- Uma fixação cubo-eixo tem como objetivo promover a vinculação entre peça qualquer e um eixo, geralmente para transmissão de potência (conjugado e rotação). Normalmente, esta vinculação não permite qualquer tipo de movimento relativo mas, em alguns casos, pode ocorrer translação entre as partes.

- **CUBO** – Define-se como CUBO de uma peça, a parte da peça cujo projeto tem como parâmetro fundamental sua fixação a uma eixo. O cubo pode ou não destacar-se da geometria básica da peça, como mostra a figura abaixo:



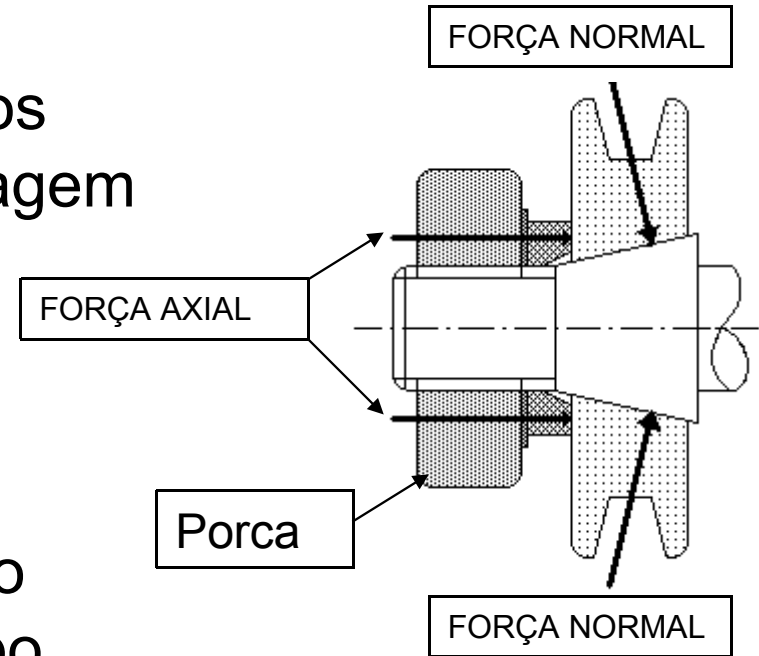
## 2. Fixação por Atrito

- **2.1 Interferência – Ajuste Forçado**
- Exemplo: H/p (P/h) , H/r (R/h)
- CARACTERÍSTICAS:
- Limite Elástico dos Materiais
- Conjugados Leves a Moderados
- Pode causar danos na desmontagem
- Sem ajuste axial
- Não necessita de usinagem do eixo
- Sem concentradores de tensão
- Sem enfraquecimento eixo/cubo
- Baixo custo



## 2.2 Assento Cônico

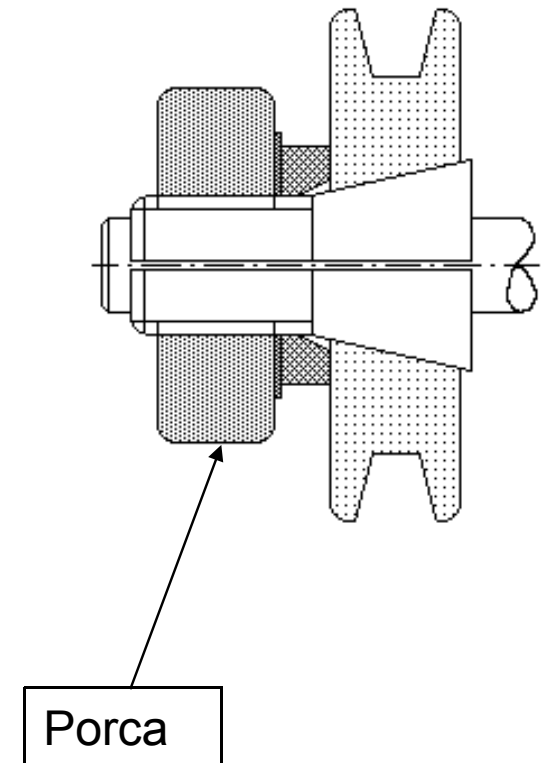
- CARACTERÍSTICAS:
- Limite Elástico dos Materiais
- Conjugados Leves a Moderados
- Não causa danos na desmontagem
- Sem ajuste axial
- Ajuste angular eixo-cubo
- Necessita de usinagem do eixo e do cubo
- Gera concentradores de tensão
- Sem enfraquecimento eixo/cubo
- Alto custo



## 2.3 Bucha Cônica

Funcionamento similar ao de assento cônico

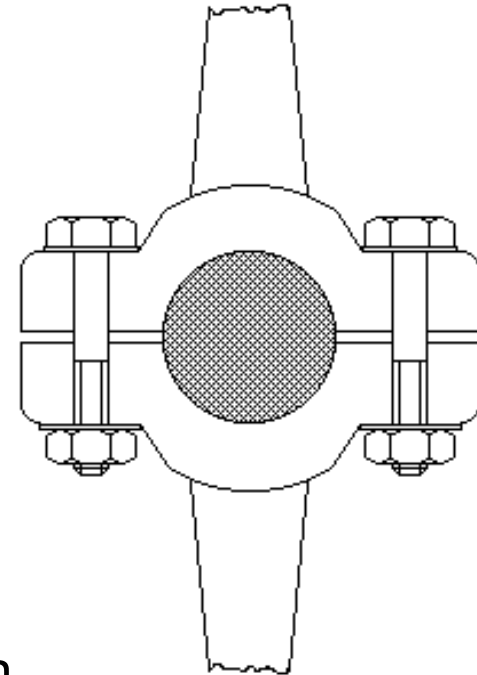
- CARACTERÍSTICAS:
- Limite Elástico dos Materiais
- Conjugados Leves a Moderados
- Não causa danos na desmontagem
- Com ajuste axial e angular eixo-cubo
- Não necessita de usinagem do eixo
- Necessita de usinagem do cubo
- Não gera concentradores de tensão
- Sem enfraquecimento eixo/cubo
- Alto custo



## 2.4 Cubo Bipartido

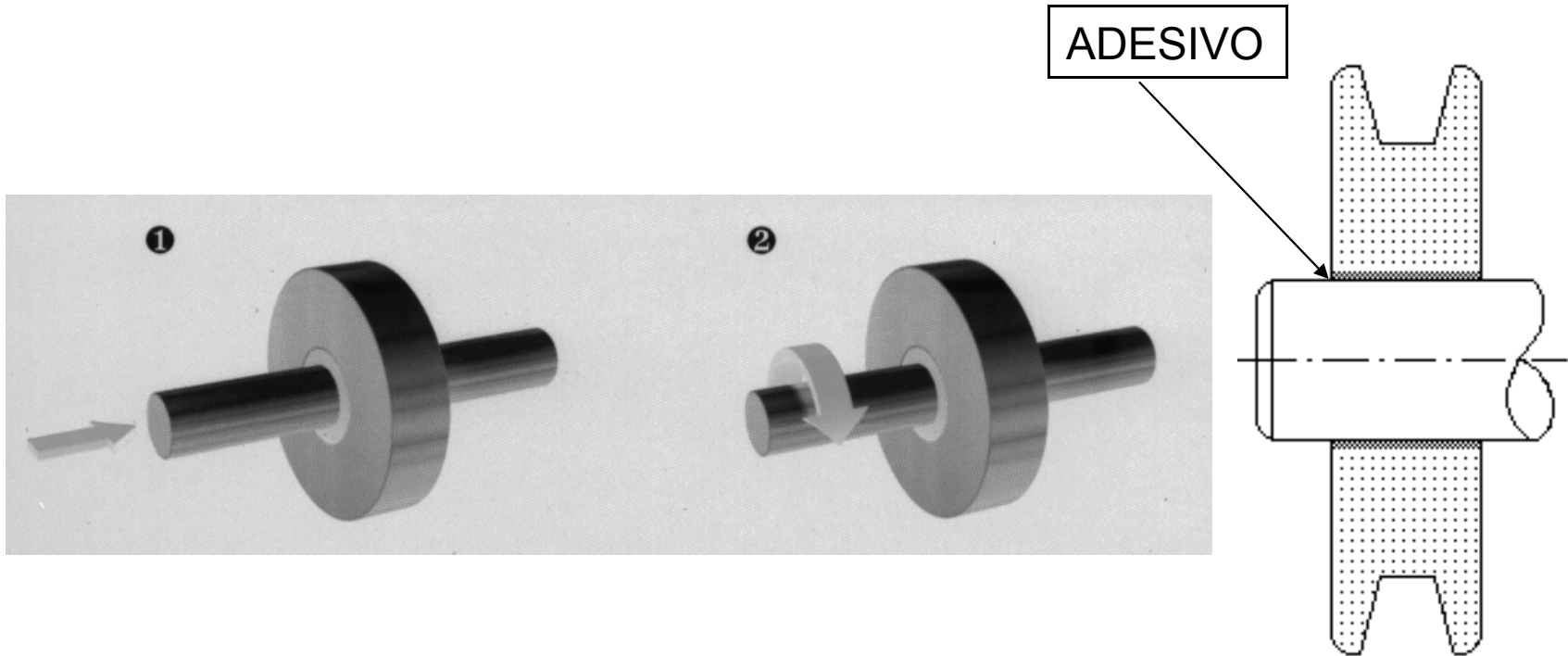
Funcionamento similar à fixação por Interferência, porém as tensões normais entre o cubo e o eixo podem ser ajustadas pelo aperto dos parafusos.

- CARACTERÍSTICAS:
- Limite Elástico dos Materiais
- Conjugados Leves a Moderados
- Não causa danos na desmontagem
- Com ajuste axial e angular entre o cubo e o eixo
- Não necessita de usinagem do eixo
- Sem concentradores de tensão
- Sem enfraquecimento eixo/cubo
- Cuidados na usinagem do cubo: balanceamen...
- Alto custo



# 3. Por Adesão

## 3.1 - Dimensionamento da União



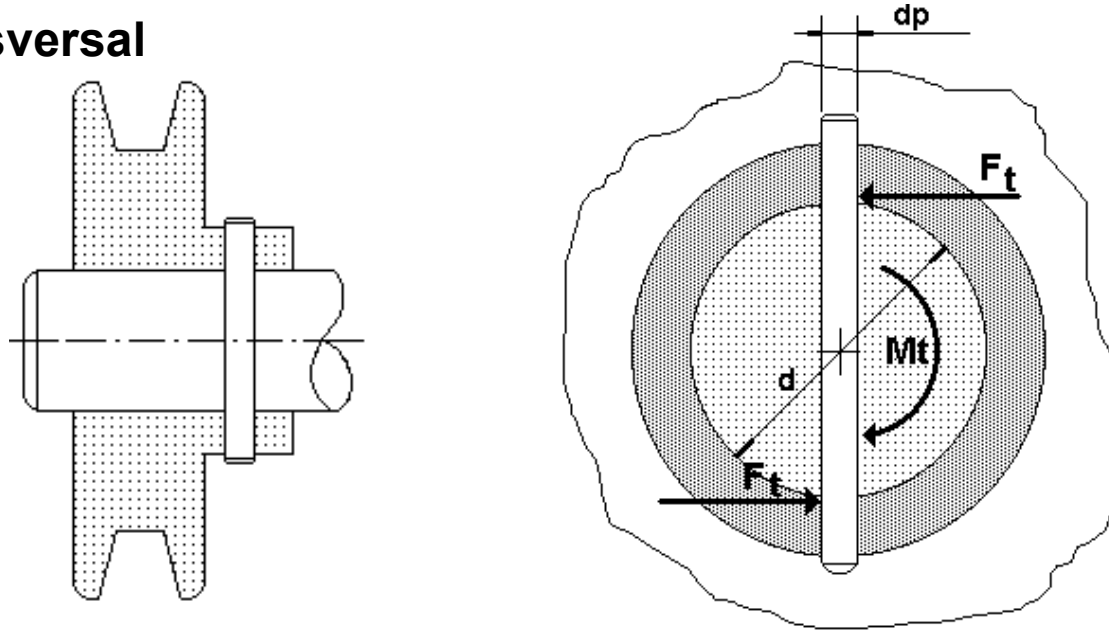
- HIPÓTESE: RUPTURA POR CISALHAMENTO DO ADESIVO



- Dados:
- Conjugado no eixo:  $M_t$
- Diâmetro do eixo:  $d$
- Tensão admissível ao cisalhamento do adesivo :  $t_a$
- **Incógnita: Comprimento axial da união:  $l_a$**
- Área da união:  $S_a = l_a \times \pi \times d$
- Força de Cisalhamento na União:  $F_t = 2.M_t / d$
- Assumindo que a distribuição de tensões de cisalhamento no adesivo é uniforme:
- Tensão de Cisalhamento:  $t_a = F_t / S_a$   
 $\Rightarrow t_a \leq (2.M_t / d) / (l_a \times \pi \times d)$
- Logo  **$l_a \geq 2.M_t / (d^2 \cdot t_a \cdot \pi)$**

# 4. Por Travamento

- 4.1 – Pino Transversal



- 4.1.1 Dimensionamento da União
- HIPÓTESE: RUPTURA POR CISALHAMENTO DO PINO
- Dados:
- Conjugado no eixo:  $M_t$
- Diâmetro do eixo:  $d$
- Tensão admissível ao cisalhamento do material do pino :  $\tau_a$
  
- Incógnita: Diâmetro do pino:  $d_p$

- Área da união (secção transversal do pino):  $S_p = (\pi \times d_p^2) / 4$
- Força de Cisalhamento na União:  $F_t = M_t / d$
- Como (tensão uniforme)  $t_a = F_t / S_p$
- $\Rightarrow t_a \leq 4 \times (M_t / d) / (\pi \times d_p^2)$

• Logo

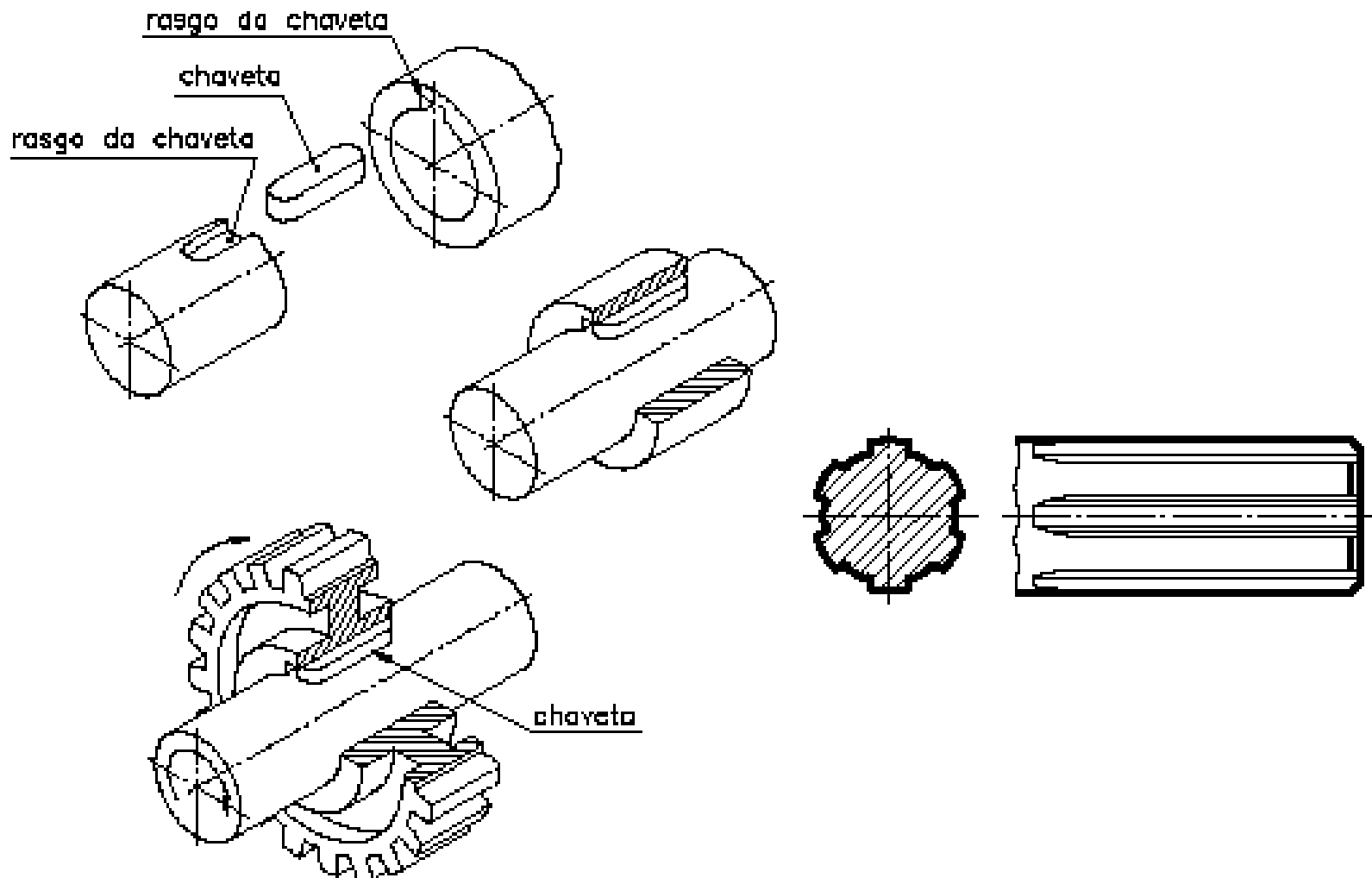
$$d_p \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{M_t}{\pi \cdot d \cdot t_a}}$$

- **CUIDADO:** com o aumento de  $d_p$ , a secção resistente do eixo diminui
- $\Rightarrow$  PODE HAVER RUPTURA DO EIXO POR TORÇÃO/CISALHAMENTO
- Em geral  $d_p \leq 0,2 d$

#### • **4.1.2 CARACTERÍSTICAS:**

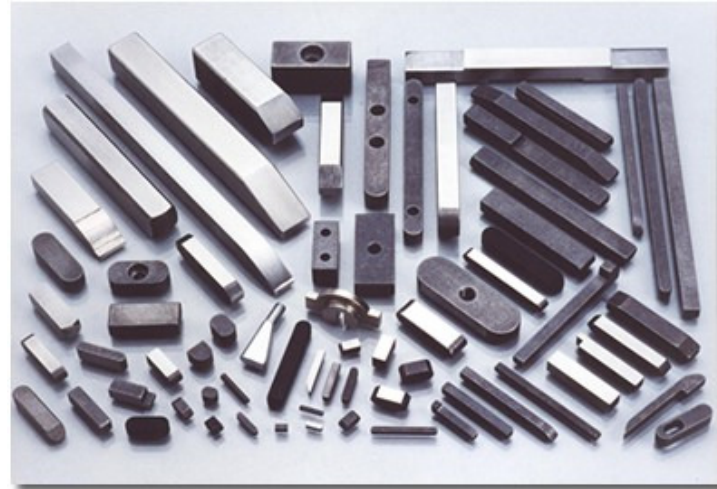
- Conjugados Leves a Moderados
- Desmontável facilmente
- Sem ajuste axial e angular entre o cubo e o eixo
- Necessita de usinagem simples do eixo e do cubo
- Gera concentradores de tensão
- Causa enfraquecimento eixo/cubo
- Utilizado como “fusível” mecânico de baixo custo
- Baixo custo

- **4.2 Chavetas e Entalhados**
- SÃO AS FIXAÇÕES CUBO-EIXO MAIS UTILIZADAS NA INDÚSTRIA



- **4.2.1 – Principais Tipos de Chavetas**

- PLANAS



- COM CABEÇA



- MEIA – LUA OU “WOODRUF”

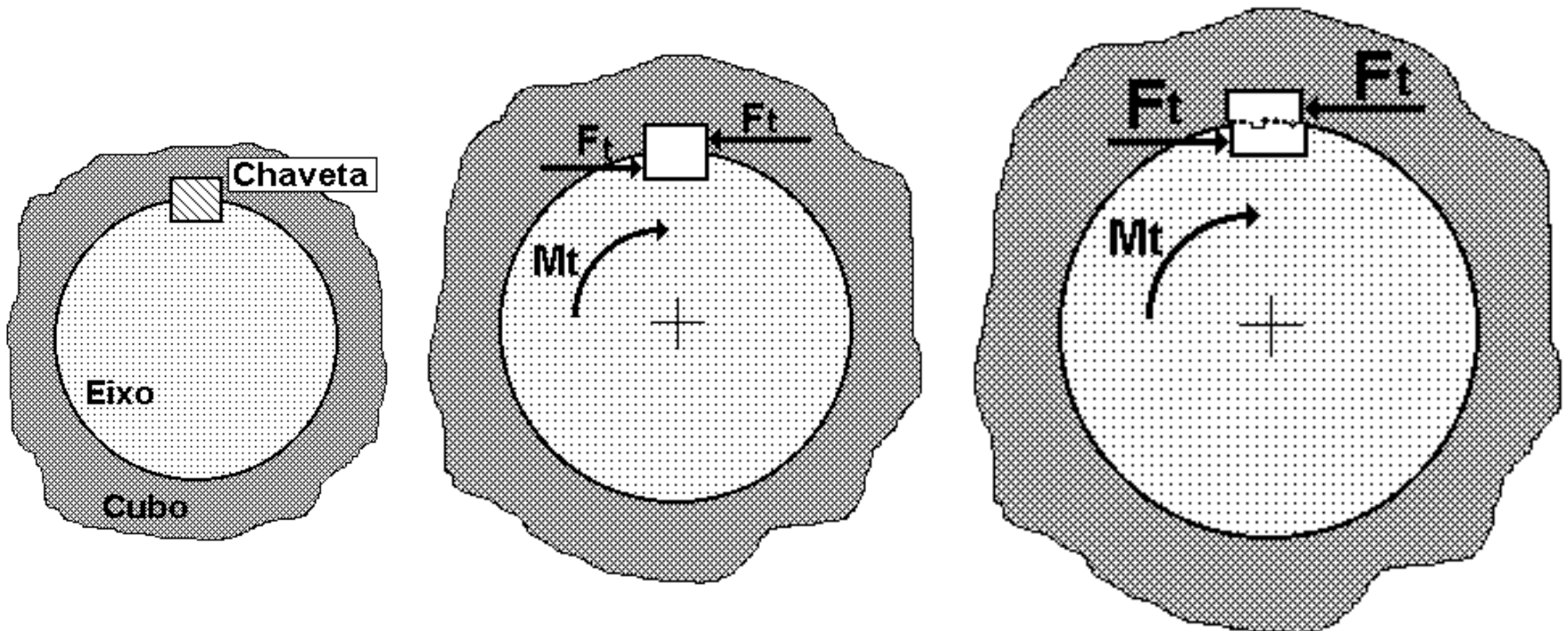


## 4.2.2 - Norma Técnica – DIN 6885

Eixo		Chaveta				Rasgo							
Diâmetro d		Seção b x h				Largura						Profundidade	
de	até	b	h 9	h	h 11	Valor	Eixo h9	Cubo D10	Eixo n9	Cubo JS9	Eixo / cubo p9P9	Eixo t1	Cubo t2
6	8	2	0	2	0	2	0	0,06	-0	0,01	-0,006	1,2	1
8	10	3	-0,03	3	-0,03	3	0	0,02	-0	-0,01	-0,031	1,8	1,4
10	12	4	0	4	0	4	0	0,078	0	0,02	-0,012	2,5	1,8
12	17	5	-0,03	5	-0,03	5	0	0,03	-0	-0,02	-0,042	3	2,3
17	22	6		6		6						3,5	2,8
22	30	8	0	7	0	8	0	0,098	0	0,02	-0,015	4	3,3
30	38	10	-0,04	8	-0,09	10	0	0,04	-0	-0,02	-0,051	5	3,3

## 4.2.3 – Dimensionamento ao Cisalhamento de Chavetas

- HIPÓTESE: RUPTURA POR CISALHAMENTO DA CHAVETA
- Dados:
- Conjugado no eixo:  $M_t$
- Diâmetro do eixo:  $d$
- Tensão admissível ao cisalhamento do material do chaveta:  $\tau_a$



- Dados:
- Conjugado no eixo:  $M_t$
- Diâmetro do eixo:  $d$
- Tensão admissível ao cisalhamento do material do chaveta:  $t_a$
- Incógnita: Comprimento da chaveta { $b$  e  $h$  são normalizados =  $f(d)$ }:  $L_t$
- Área da união:  $S_t = b \times L_t$
- Força de Cisalhamento na União:  $F_t = 2 \cdot M_t / d$
- Como (tensão uniforme)  $t_a = F_t / S_t$
- $\Rightarrow t_a \leq 2 \times (M_t / d) / b \times L_t$

Logo  $L_t \geq \frac{2 \cdot M_t}{d \cdot t_a \cdot b}$



## 4.2.4 – Verificação quanto à Compressão de Chavetas

PODE OCORRER ESMAGAMENTO POR COMPRESSÃO DAS LATERAIS DO RASGO/CHAVETA.

- Dados:
- Conjugado no eixo:  $M_t$
- Diâmetro do eixo:  $d$
- Tensão admissível à compressão do material do chaveta:  $\sigma_a$
- Incógnita: Comprimento da chaveta { $b$  e  $h$  são normalizados =  $f(d)$ }:  $L_c$
- Área da união:  $S_c = (h/2) \times L_c$  (aproximando  $t_1 = t_2$ )
- Força de Compressão na União:  $F_c = 2 \cdot M_t / d$
- Como (tensão uniforme)  $\sigma_a = F_c / S_c$
- $\Rightarrow \sigma_a \leq [2 \times (M_t / d)] / [(h/2) \times L_c]$

- Logo

$$L_c \geq \frac{4 \cdot M_t}{d \cdot \sigma_a \cdot h}$$

## ADOPTA-SE O MAIOR ENTRE $L_t$ e $L_c$

- QUANDO O **Lchaveta** FOR MAIOR QUE O **Lcubo** DISPONÍVEL, PODEM-SE COLOCAR ATÉ DUAS CHAVETAS OPOSTAS.
- Admite-se até um máximo de 03 chavetas, montadas a 120 graus.  
**PROBLEMA COM CHAVETAS “MULTIPLAS” – CARGA NÃO UNIFORME**
- CAUSA: ERROS DE FABRICAÇÃO / MONTAGEM
- QUANDO FOR NECESSÁRIO UM COMPRIMENTO MAIOR, UTILIZA-SE O ENTALHADO ou ESTRIADO, QUE EQUIVALE AO USO DE CHAVETAS “MULTIPLAS”.

## 4.2.5 Dimensionamento de Entalhados

- SIMILAR AO DIMENSIONAMENTO DE CHAVETAS
- ASSOCIA-SE UM FATOR DE CORREÇÃO DA UNIFORMIDADE DA CARGA EM CADA DENTE DO ENTALHADO
- LOGO PARA CISALHAMENTO: 
$$L_{et} \geq \frac{2.Mt.\eta}{d.ta.b.N}$$
- ONDE : **N** = NÚMERO DE DENTES DO ENTALHADO
- $\eta$  = COEFICIENTE DE CORREÇÃO DA CARGA. EM GERAL ADOTA-SE  $\eta = 1,25$
- PARA A COMPRESSÃO: 
$$L_{ec} \geq \frac{2.Mt.\eta}{d.\sigma_a.he.N}$$
- ADOTA-SE O MAIOR COMPRIMENTO ENTRE **Let** e **Lec**

## 4.2.5 Dimensionamento de Entalhados

- SIMILAR AO DIMENSIONAMENTO DE CHAVETAS
- ASSOCIA-SE UM FATOR DE CORREÇÃO DA UNIFORMIDADE DA CARGA EM CADA DENTE DO ENTALHADO
- LOGO PARA CISALHAMENTO: 
$$L_{et} \geq \frac{2.Mt.\eta}{d.ta.b.N}$$
- ONDE : **N** = NÚMERO DE DENTES DO ENTALHADO
- $\eta$  = COEFICIENTE DE CORREÇÃO DA CARGA. EM GERAL ADOTA-SE  $\eta = 1,25$
- PARA A COMPRESSÃO: 
$$L_{ec} \geq \frac{2.Mt.\eta}{d.\sigma_a.he.N}$$
- ADOTA-SE O MAIOR COMPRIMENTO ENTRE **Let** e **Lec**

## CARACTERÍSTICAS:

- Conjugados Moderados a Elevados
- Desmontável facilmente
- Sem ajuste axial e angular entre o cubo e o eixo
- Necessita de usinagem media /alta complexidade do eixo e do cubo
- Gera concentradores de tensão
- Causa pouco enfraquecimento eixo/cubo
- Pode permitir deslocamento axial entre cubo e eixo
- Custo médio a elevado

## 5. CONSIDERAÇÃO FINAL

- **A RUPTURA DE UMA UNIÃO CUBO-EIXO, QUANDO E SE OCORRER, DEVE LOCALIZAR-SE SEMPRE NO ELEMENTO DE FIXAÇÃO E NÃO NO EIXO OU NO CUBO.**

## 5.1 EXERCÍCIO

- **Pesquisar e escolher uma fixação cubo-eixo de um equipamento real, tendo como dados os parâmetros reais de projeto e operação e dimensionar a fixação por meio de pino radial e por chaveta plana.**
- **O exercício deverá ser feito em duplas e enviado para o endereço [getnic@gmail.com](mailto:getnic@gmail.com), até do dia 01/10/20, sob o título “pmr3307ex1NGnome dos dois integrantes”**

**OBRIGADO!**