

# 1. ŠROUBOVÉ SPOJE



## ROZDĚLENÍ ŠROUBOVÝCH SPOJŮ

### 1.1 PODLE KONSTRUKCE

- a) Spoj šroubem s hlavou a maticí
- b) Spoj zašroubovaným šroubem s hlavou
- c) Spoj se závrtným šroubem a maticí

### 1.2 PODLE ZATÍŽENÍ

- 1) Zatížení v ose šroubu - s předpětím
  - - klidně zatížené
  - - míjivě a střídavě zatížené- bez předpětí:
  - - utahované v zatíženém stavu
  - - v nezatíženém stavu
- 2) Zatížení kolmo na osu šroubu - s tvarovým stykem
  - se silovým stykem

DRUHY ŠROUBŮ A MATIC – viz. Strojírenské tabulky

DRUHY PODLOŽEK A ZÁVLAČEK – viz. Strojírenské tabulky

ZÁVITY - viz. Strojírenské tabulky

#### A) *SPOJOVACÍ*

- 1) **Metrický ( M )** vrcholový úhel  $60^\circ$  rozměry v [mm]
- 2) **Whitvorthův ( W )**  $55^\circ$  [v palcích "]
- 3) **Trubkový ( G )**  $55^\circ$  ["]
- 4) **Oblý** [mm]
- 5) **Edisonův** – na žárovkách
- 6) **Pancéřový** (nepoužívá se)

#### B) *POHYBOVÉ ZÁVITY*

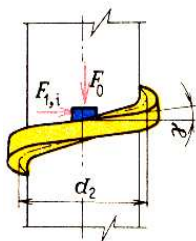
- 1) **Lichoběžníkový rovnoramenný ( Tr )**
- 2) **Lichoběžníkový nerovnoramenný ( S )**
- 3) **Čtvercový** – není normalizován

- PODLE POČTU CHODŮ: - jednoduchý  
 - dvouchodý  
 - vícechodý

PODLE SMYSLU STOUPÁNÍ ŠROUBOVICE: pravý a levý

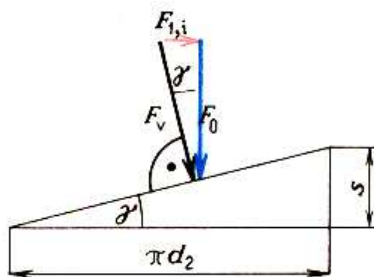
### 1.3 SILOVÉ POMĚRY NA ŠROUBECH

1) *ideální stav – bez tření*



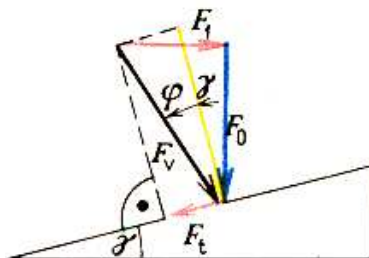
Síly na šroubu  
 $F_0$  – síla v ose šroubu,  $F_1$  –  
 obvodová síla na středním průměru  
 závitu s třením,  $\gamma$  – úhel stoupání  
 šroubovice,  $d_2$  – střední průměr  
 závitu

V rozvinutí je závit nakloněná rovina, kde platí:



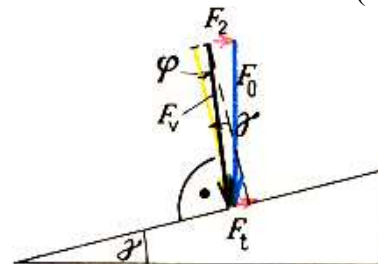
$F_{1i} = F_0 \cdot \operatorname{tg} \gamma$   
 $F_{1i}$ ...ideální dovolená síla  
 $F_0$ ...síla v ose šroubu

2) **se třením pro utahování**



$F_1 = F_0 \cdot \operatorname{tg} (\gamma + \varphi)$        $\operatorname{tg} \gamma = F$

3) **povolování – není samosvornost ( $\gamma > \varphi$ )**

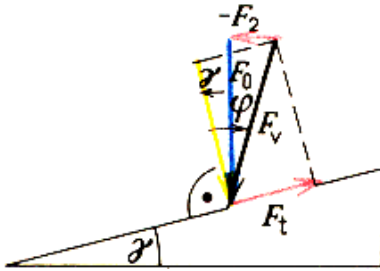


$F_2 = F_0 \cdot \operatorname{tg} (\gamma - \varphi)$

$F_1$ ...utahovací síla  
 $F_t$ ...třecí síla

$F_2$ ...síla při povolování (přibrzďujeme)

#### 4) povolování při samosvornosti ( $\gamma < \varphi$ )



-  $F_2$ ...síla při povolování při samosvornosti

U spojovacích šroubů s metrickým závitem je nutno uvažovat o tření v klínové drážce.

Platí:  $f' = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\cos \frac{\alpha}{2}}$        $\alpha = \text{vrcholový úhel šroubu } (\alpha = 60^\circ)$

Osová síla  $F_0$  představuje sílu předpětí vyvolanou ve šroubovém spoji utahováním matice.

Utahovací moment:  $M_U \geq M_T = F_0 \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi) = k \cdot F_0 \cdot d$  - tzv. provozní vztah, kde

$k = \frac{d_2}{2d} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi)$  Pro zjednodušení výpočtu  $M_U$  se používá provozní vztah. U

normalizovaných šroubů a pro  $f' = 0,1 \div 0,3$  bývá  $k = 0,07 \div 0,17$ , přibližně  $k = 0,12$

### 1.3.1 VÝPOČTY ŠROUBŮ

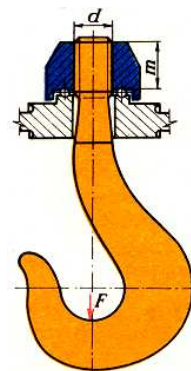
#### 1) ZATÍŽENÉ V OSE – MONTOVANÉ V NEZATÍŽENÉM STAVU – JEŘÁBOVÝ HÁK

Jeřábový hák je namáhán na tah a matice na otláčení.

VÝPOČET HÁKU

$$\sigma_t = \frac{F}{S} \leq \sigma_{D,t} \quad S = \frac{F}{\sigma_{D,t}} \Rightarrow A_s \text{ [mm}^2\text{]} \quad A_s \dots \text{průřez jádra}$$

šroubu, ve STAB



VÝPOČET VÝŠKY MATICE

- potřebný počet závitů matice       $p = \frac{F}{S} \leq p_D$        $S' = \pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot n$

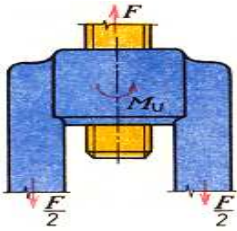
$$p_D = \frac{F}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot n} \Rightarrow n = \frac{F}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D}$$

- výška matice       $m = n \cdot s$

$d_2$  [mm]...střední průměr závitu – ze STAB  
 $H_1$  [mm]...nosná hloubka závitu – ze STAB  
 $n$ ...počet závitů  
 $s$ ...stoupání závitu – ze STAB

## 2) ZATÍŽENÉ V OSE – MONTOVANÉ V ZATÍŽENÉM STAVU - VÝPOČET ŠROUBOVÉHO NAPÍNAČE

Jsou namáhány na tah a krut (utahovacím momentem  $M_U$ )



Pevnostní rovnice:

$$\begin{array}{ll} \text{tah} & \text{krut} \\ \sigma_t = \frac{F}{S} \leq \sigma_{D,t} & \tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{D,k} \quad [\text{MPa}] \end{array}$$

$$S = A_s = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}, \quad M_k = M_u = k \cdot F \cdot d, \quad W_k = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} \cong 0,2 \cdot d_3^3$$

$d_3$  [mm]...malý  $\varnothing$  závitu šroubu – ze STAB

$\tau_k$  [MPa]...skutečné napětí v krutu

$W_k$  [mm<sup>3</sup>]...modul průřezu v krutu

$\sigma_t$  má jiný směr než  $\tau_k$  – pro výpočet je rozhodující tzv. *redukované napětí*:

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau_k^2}$$

V praxi většinou neznáme  $M_U$  a proto používáme zjednodušené rovnice:

$$\sigma_{RED} = \frac{\sigma_t}{0,75} \leq \sigma_{D,t} \quad \sigma_t = 0,75 \cdot \sigma_{D,t} \quad \sigma_t = 0,75 \cdot \sigma_{D,t} = \frac{F}{S} = \frac{F}{A_s} \Rightarrow A_s = \frac{F}{0,75 \cdot \sigma_{D,t}}$$

Výpočet je tedy stejný jako v předešlém případě, pouze  $\sigma_{Dt}$  snížíme na 75 %.

## 3) ZATÍŽENÉ KOLMO K OSE

Spoje s tvarovým stykem – *lícované šrouby*

Jsou namáhány na smyk a otláčení.

a) *pevnostní výpočet*  $\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{D,s} \Rightarrow \tau_{D,s} \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{D,s}}}$

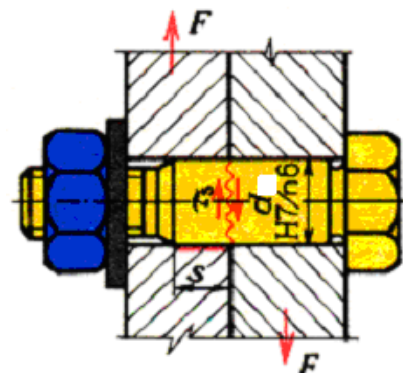
$S$  [mm<sup>2</sup>] ...průřez součástí

$d$  [mm]...průměr dříku lícovaného šroubu

$F$  [N]...zatěžující síla

b) *kontrola na otláčení*

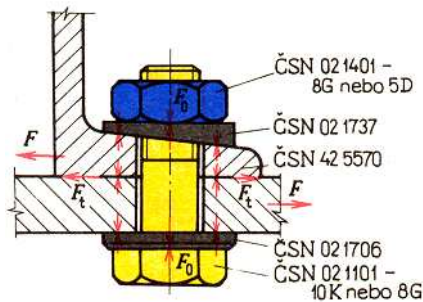
$$p = \frac{F}{S} \leq p_D \quad S' = d \cdot s_{\min}$$



$S_{\min}$ ...min. tloušťka součásti ve styku s dřikem lícovaného šroubu (v obrázku označeno  $s$ )

Lícovaný šroub plní dvojí funkci: - funkci kolíku (zajištění polohy, ustavení součásti)  
- a šroubu (spojovací)

### Spoje se silovým stykem



Jde například o přišroubování válcovaného profilu k desce pomocí vysoce předpjatých šroubů  
Obvykle se používají přesné šrouby s mechanickými vlastnostmi dle pevnostní třídy 10.9, pro tenkostěnné profily 8.8, dle ČSN EN (ISO). Dřívější označení 10K a 8G – viz. STAB

Síla se přenáší třením mezi styčnými plochami spojovaných prvků. Podmínka přenosu:

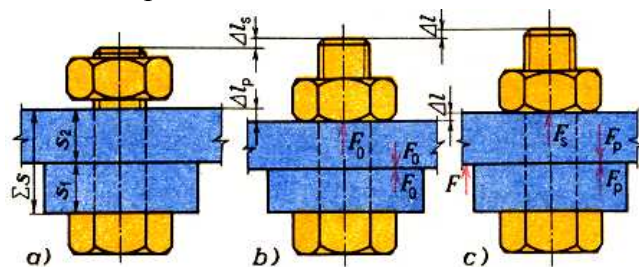
$$F \leq F_t = F_0 \cdot f \quad F_0 - \text{předpětí v ose šroubu}$$

$f$  – součinitel smykového tření

Například  $f = 0,3$  pro neupravené plochy,  $f = 0,45$  pro opálené styčné plochy,  $f = 0,5$  pro otryskané styčné plochy

### 1.3.2 ŠROUBY S PŘEDPĚTÍM – konstrukce diagramu předpjatého spoje

Jedná se o většinu šroubových spojů, zejména přírubové spoje a spoje u strojů pracujících s vnitřním přetlakem.

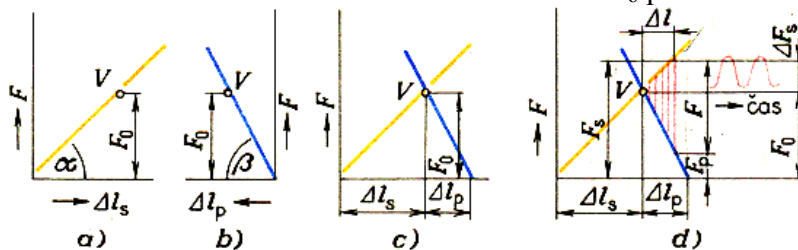


Síly a deformace ve šroubovém spoji

- a) spojení nepředpřeto, b) spojení předpřeto – nezatíženo, c) předpřeto spojení zatíženo provozní silou

Utahujeme-li šrouby s předpětím na sílu  $F_0$ , prodlouží se dřík o  $\Delta l_s$ , zatím co sevřené části (příruba včetně těsnění) se současně stlačí (zkrátí) o  $\Delta l_p$ .

Začne-li působit provozní síla  $F$ , zatíží se šrouby na sílu  $F_s$  (max. síla v ose šroubu) a sevřené části se odlehčí na  $F_p$  (zbytková – min. síla při zatížení předpřeto spoje provozní silou). Přestane-li působit  $F$ , vrátí se soustava do původního stavu, kdy  $F_0$  působí na šroub i přírubu.

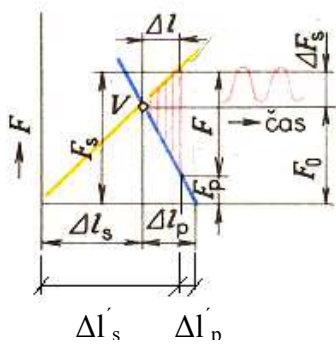


Postup konstrukce diagramu předpřeto spoje pro spojení přírub nebo desek (obr. 29)

$F_0$  – síla předpětí,  $F$  – provozní síla,  $F_s$  – maximální síla ve šroubu,  $F_p$  – minimální (zbytková) síla předpětí spoje při zatížení provozní silou  $F$ ; a) charakteristika šroubu v diagramu  $F-\Delta l_s$  (síla – prodloužení), b) charakteristika přírub a těsnění v diagramu  $F-\Delta l_p$ , c) diagram předpětí přírubového spoje při působení síly předpětí  $F_0$ , d) diagram předpětí přírubového spoje při působení provozní síly  $F$  při klidném zatížení; je-li  $F$  mívavá, nastává v závislosti na čase kolísání síly mezi  $F_s$  a  $F_0$ , tedy v rozmezí  $\Delta F_s$ ,

- diagram prodloužení dříku šroubu
- diagram stlačení příruby včetně těsnění
- diagram předpětí přírubového spoje při působení síly předpětí

- d) diagram předpětí přírubového spoje při působení provozní síly při klidném zatížení (při míjivém zatížení)



Změna prodloužení dřívku šroubu při působení provozní síly  
 $\Delta l'_s = \Delta l_s + \Delta l$  a změna zkrácení příruby při působení provozní síly  $\Delta l'_p = \Delta l_p - \Delta l$

$F_0$ ...síla předpětí

$F_s$ ...max. síla v ose šroubu

$F$ ...provozní síla

$\Delta F_s$ ..změna max. síly v ose šroubu v důsledku působení provozní síly

$F_p$ ...min. (zbytková) síla,předpětí spoje při zatížení provozní silou

Je-li zatížení míjivé, kolísá síla  $F$  mezi  $F_0$  a  $F_s$  tedy v rozmezí  $\Delta F_s$ .

Síla  $F$  nesmí být tak velká, aby  $F_p \leq 0$ , protože by se spoj uvolnil.

Jinými slovy síla  $F$  musí být tak velká, aby  $F_p > 0$ .