

Úvod

# ČÁSTI STROJŮ

---

# CÍLE PŘEDNÁŠKY

Seznámení studentů se základními stavebními prvky strojů a strojního zařízení.



# **OBSAH PŘEDNÁŠKY**

---

**1. Úvod – technický systém, technická mechanika**

**2. Spoje**

- rozebíratelné spoje ;**
- nerozebíratelné spoje.**

**3. Výpočtový aparát**

**4. Příklady**

# ÚVOD

**Technický výrobek** –technický objekt (stroj, nástroj, přístroj, ..).

**Stroj** - technický výrobek složený z mechanismů, který nahrazuje fyzickou (případně částečně i duševní práci člověka.

**Nástroj** – technický výrobek, který pouze ulehčuje práci člověka.

**Technický systém (TS)/(technický objekt)** – technický výrobek i nepřemístitelný technický objekt (elektrárna, elektrárna, dopravní síť, budova



# STUPNĚ KOMPLEXNOSTI TS

Stupeň komp.	Technický systém (TS)	Charakteristika	Příklady	Oblast
I.	Díl, součást	Element (struktury) bez montážních operací	Hřídel, šroub, pružina, podložka	Části a mechanismy strojů (ČMS)
II.	Stavební skupina, mechanismus, podskupina	Jednoduchý systém složený s dílů, který může vykonávat jednoduché f-ce	Převodovka, hydraulický válec	
III.	Stroj, přístroj	Systém složený z dílců a podskupin vykonávající určitou f-ci	Automobil, soustruh, spalovací motor	Stroje a zařízení (SAZ)
IV.	Zařízení, strojní park	Komplexní systém	Montážní linka	

# TRANSFORMAČNÍ PROCESY V TECHNICKÝCH SYSTÉMECH

**Účel:** Získání potřebných funkcí nebo účinků (mechanických).

**Cíl:** Jednoznačná přeměna (na základě fyzikálních, chemických, či biologických zákonitostí) vstupních stavů na požadované funkce.

Požadované fyzikální účinky:  
-spojit  
-přenést  
-přeměnit

Vstupní stavy:  
Materiálu ( $M_i$ )  
Energie ( $E_i$ )  
Informací ( $I_i$ )



Výstupní stavy:  
Materiálu ( $M_o$ )  
Energie ( $E_o$ )  
Informací ( $I_o$ )

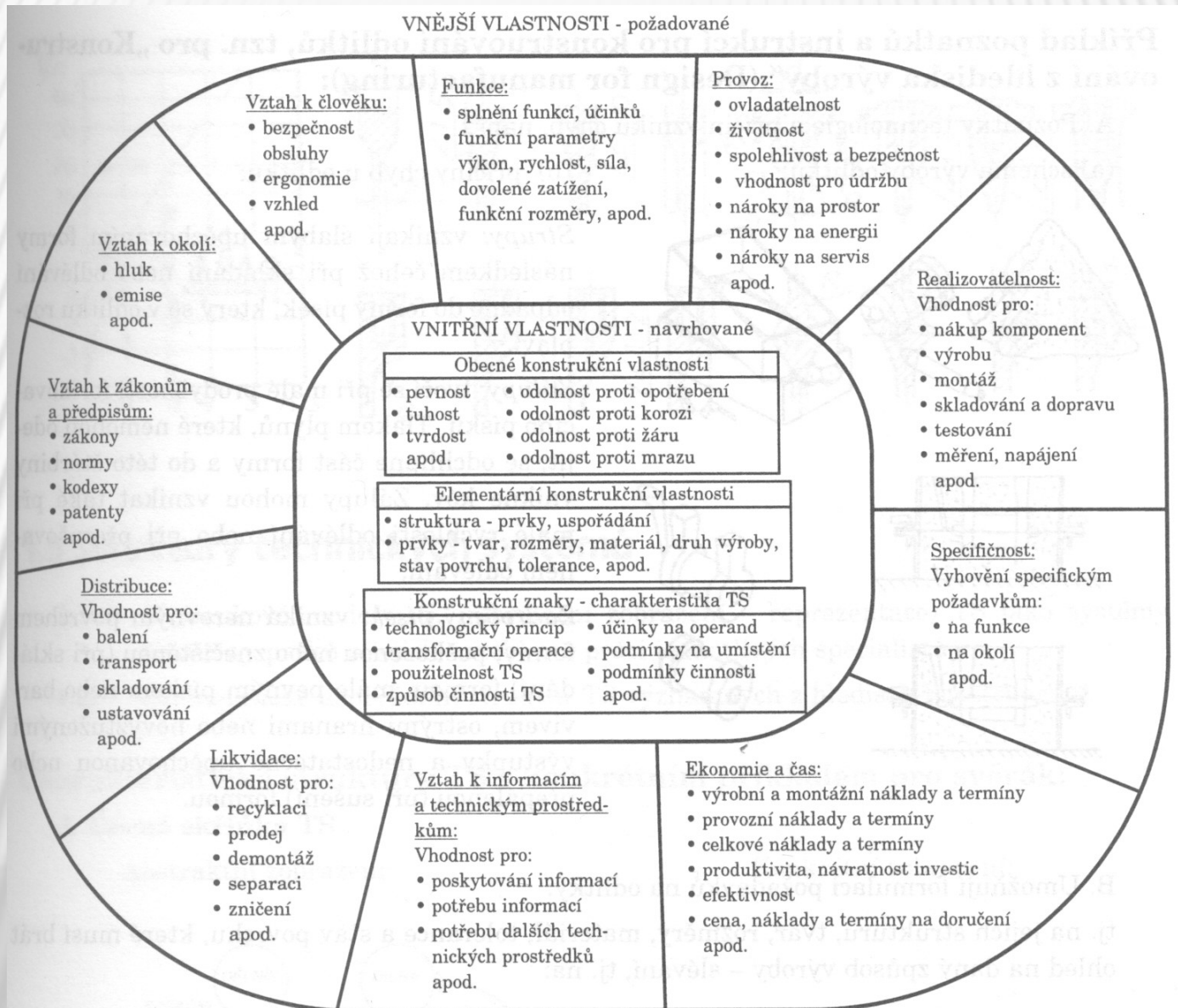
# VLASTNOSTI TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ

**Základní vlastnost TS:** schopnost vykonávat požadované f-ce

**Každý TS musí mít :**

- potřebné parametry (výkon, rychlost, směr pohybu, ..);
- schopnost pracovat v provozním prostředí;
- být dobře obsluhovatelný;
- být jednoduše vyrobitelný;
- mít spokojivý vzhled apod.

# TŘÍDĚNÍ VLASTNOSTÍ TS





# NAVRHOVÁNÍ TS Z HLEDISKA JEJICH VLASTNOSTÍ

**DESIGN FOR PROPERTIES – DFX** (ang. mezinárodní termín)

**Metodika:**

- stanovení požadovaných vlastností;
- kontrola docílených vlastností.

**Poznatky, jak:**

- únosnost závisí na ..;
- spolehlivost závisí ..;
- výrobní náklady závisí na ..;
- bezpečnost závisí na ...

# **VNITŘNÍ STRUKTURA ČS**

## **1. Charakteristika**

- transformační proces (charakterizovaný funkcí);**
- konstrukční znaky (char. hlavním pracovním principem).**

## **2. Stavební struktura**

- tvar;**
- rozměr;**
- druh materiálu.**

## **3. Vlastnosti**

- provoz a údržba, opravy;**
- výroba, montáž;**
- ostatní užité vlastnosti.**

# VNITŘNÍ STRUKTURA ČS

---

## 4. Poznatky pro návrh a kontrolu

- poznatky pro docílení požadovaných konstrukčních vlastností.

### Hlediska:

- únosnost a pevnost;
- montáž a provoz;
- ostatní specifické požadavky.

# FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY ČS

VELIČINA		JEDNOTKA	
název	značka	rozměr	přepočet
Délka, posuv	$l, s, u, \dots$	[mm]	
Úhel	$\alpha, \varphi, \dots$	[rad]	$= 2\pi/360.(\alpha, \varphi) [^\circ]$
Čas	t	[s]	$= 1/60.t [\text{min}] = 1/3600.t [\text{h}]$
Plocha	S, A, ...	[mm <sup>2</sup> ]	
Objem	V	[mm <sup>3</sup> ]	
Hmotnost	m	[kg]	
Hmotnostní moment setrvačnosti	J	[kg.m <sup>2</sup> ]	
Průřez. modul	W	[mm <sup>3</sup> ]	
Kvadratický moment plochy	I, J	[mm <sup>4</sup> ]	
Síla	F, R, ...	[N]	
Moment	M, T, ...	[N.mm]	
Rychlost	v	[m/s]	$= 1/60.v [\text{m/min}]$
Úhlová rychlost	$\omega$	[rad/s]	$= 2\pi/60.n [1/\text{min}]$
Zrychlení	a	[m/s <sup>2</sup> ]	
Úhlové zrychlení	$\varepsilon$	[rad/s <sup>2</sup> ]	
Energie, práce	W	[J], [W.s]	$= W [\text{m}^2.\text{kg/s}]$
Výkon	P, N, ...	[W]	$= F.v [\text{N.m/s}]$ $= M.\omega [\text{N.m.rad/s}]$
Napětí	$\sigma, \tau$	[MPa]	$= \sigma, \tau [\text{N/mm}^2]$
Tlak	p	[MPa]	$= p [\text{N/mm}^2]$
Modul pružnosti	E, G	[MPa]	$= E, G [\text{N/mm}^2]$
Tuhost	c, s	[N/mm]	
Torsní tuhost	$c_t, s_t, k$	[N.m/rad]	
Teplota	T	[°C]	

# TECHNICKÁ MECHANIKA

**Mechanika jako součást fyziky.**

**Technická mechanika** jako mechanika aplikovaná na technickou praxi. Spadají sem oblasti mechaniky tuhých těles (vzájemné působení a pohyb tuhých hmotných těles), mechaniky poddajných těles a mechanika tekutin a přenosu tepla.

1) Do mechaniky tuhých těles spadají:

**Statika** (řeší pouze silové účinky).

**Kinematika** (zabývá se charakteristikou pohybu).

**Dynamika** (řeší závislost mezi silovými účinky a pohyby hmotných útvarů).

# TECHNICKÁ MECHANIKA

2) Mechanika poddajných těles

**Pevnost a pružnost** (řeší pružnost a poddajnost těles).

3) Mechanika tekutin a přenosu tepla

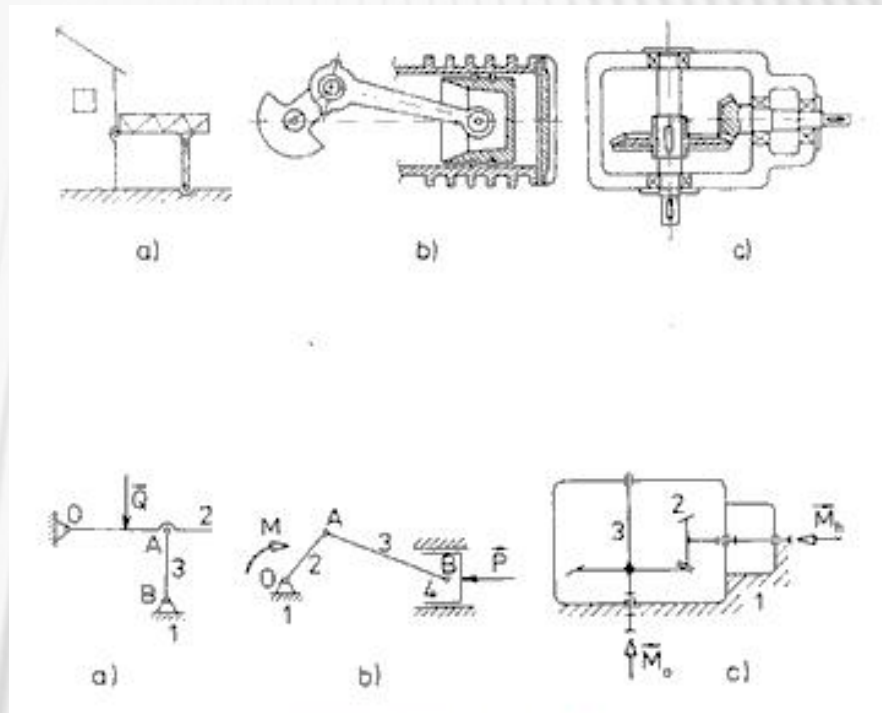
**Hydromechanika**

**Termomechanika.**

**V technické mechanice se řeší pouze model skutečného stroje nebo zařízení !!**

# TECHNICKÁ MECHANIKA - MODELY

**Skutečnost:**

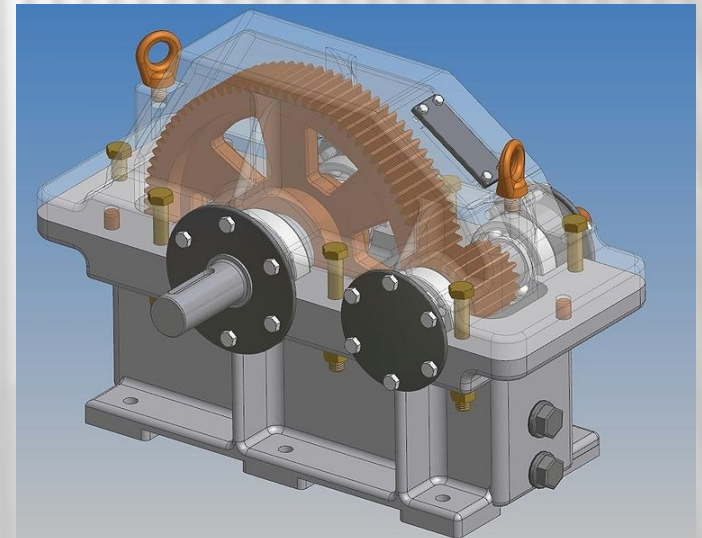
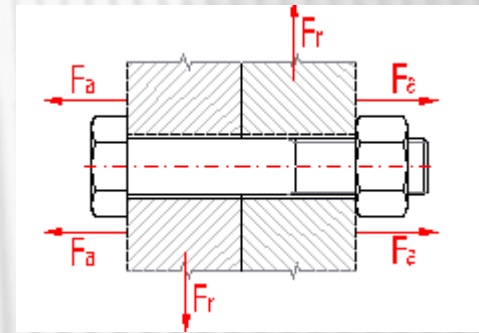


**Zjednodušený model:**

**S využitím modelů souvisí pojmy jako hmotný bod, ideálně tuhé těleso, ideální vazba apod.**

# STROJE A ZAŘÍZENÍ - MECHANIKA V PRAAXI

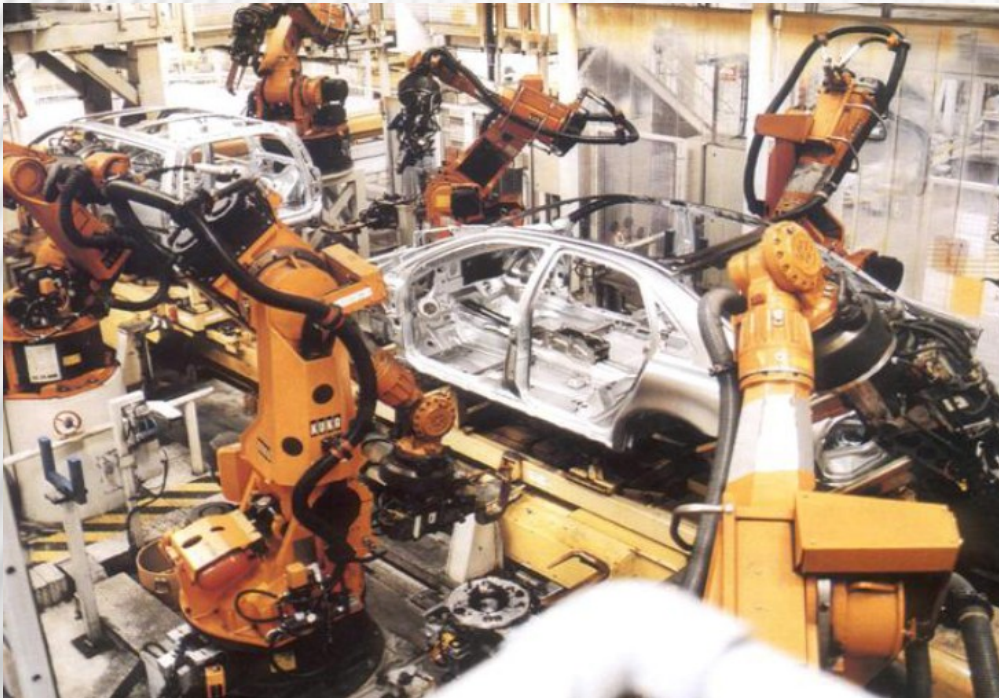
Mostní konstrukce, spoje a převody apod.





# STROJE A ZAŘÍZENÍ - MECHANIKA V PRAXI

Hydraulické a pneumatické systémy – robotické linky, ale i ruční nářadí apod.



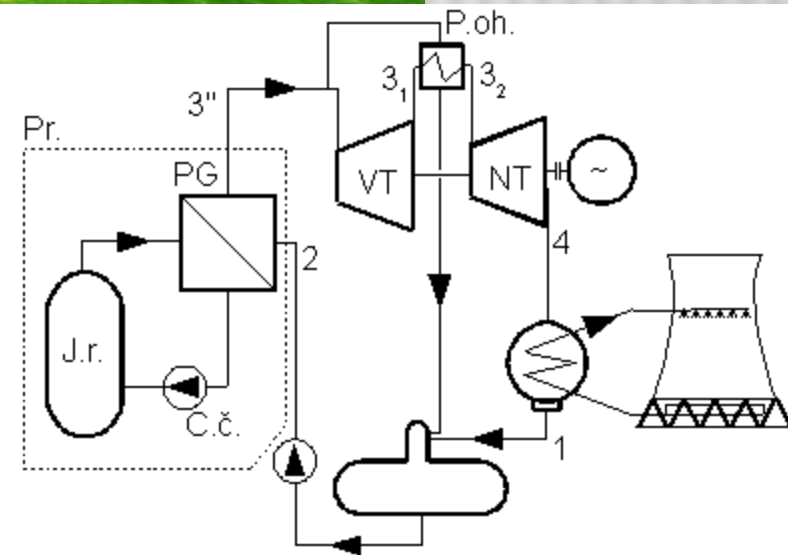
# STROJE A ZAŘÍZENÍ - MECHANIKA V PRAXI

Tepelné stroje – parní stroj, spalovací motor, turbíny apod.



# STROJE A ZAŘÍZENÍ - MECHANIKA V PRAAXI

Výroba el. energie – jaderná elektrárna.



---

**SPOJE**

# ZÁKLADNÍ POZNATKY

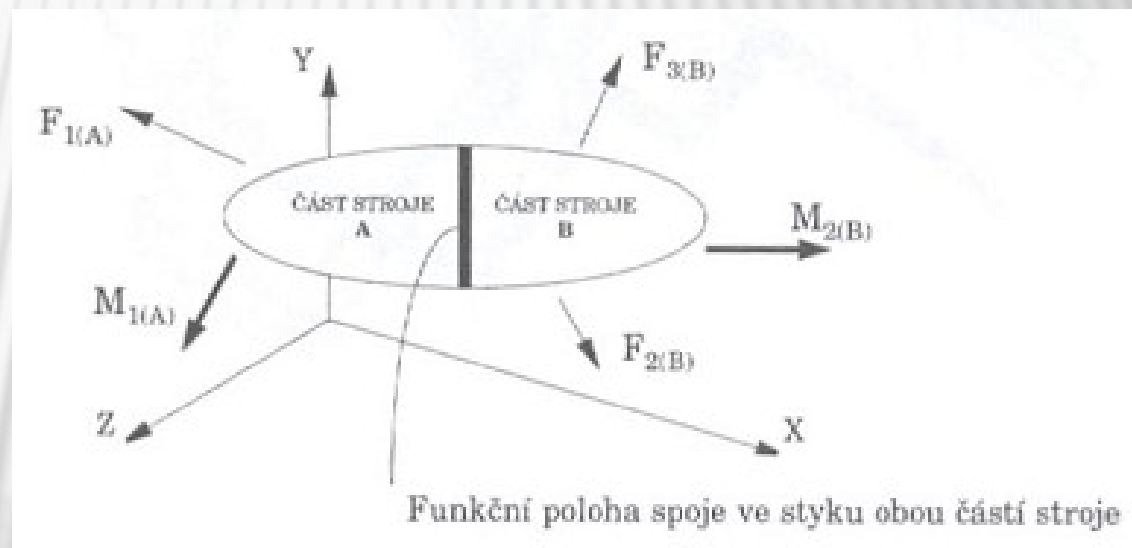
**Spoje** – jejich základní funkcí je „umožnit spojení“ částí výrobků a to často v kombinaci s pohyblivostí.

**Spoje mohou být pohyblivé a nepohyblivé.**

Spoje mohou být:

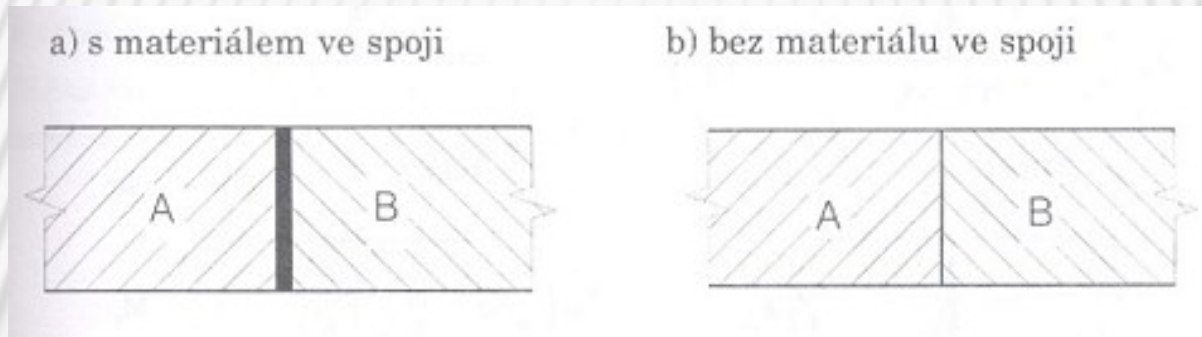
a) rozebíratelné;

b) nerozebíratelné.

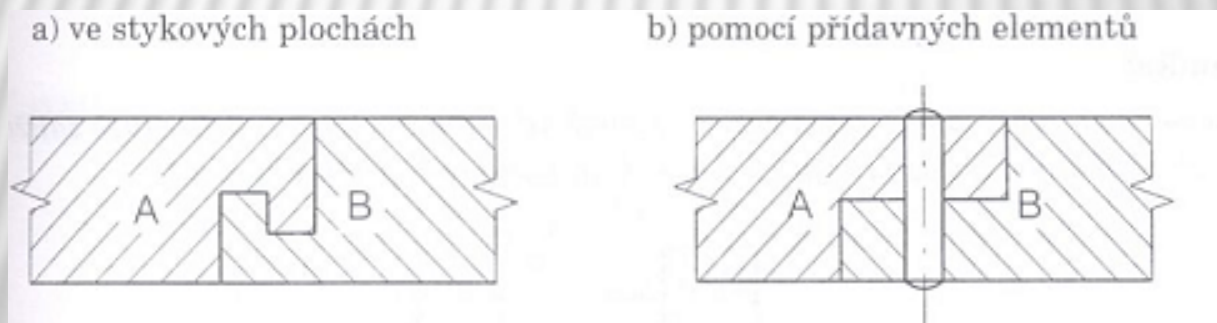


# PŘENOS ZATÍŽENÍ VE SPOJI

K přenosu sil ve spoji může docházet  
- přes stykovou plochu.

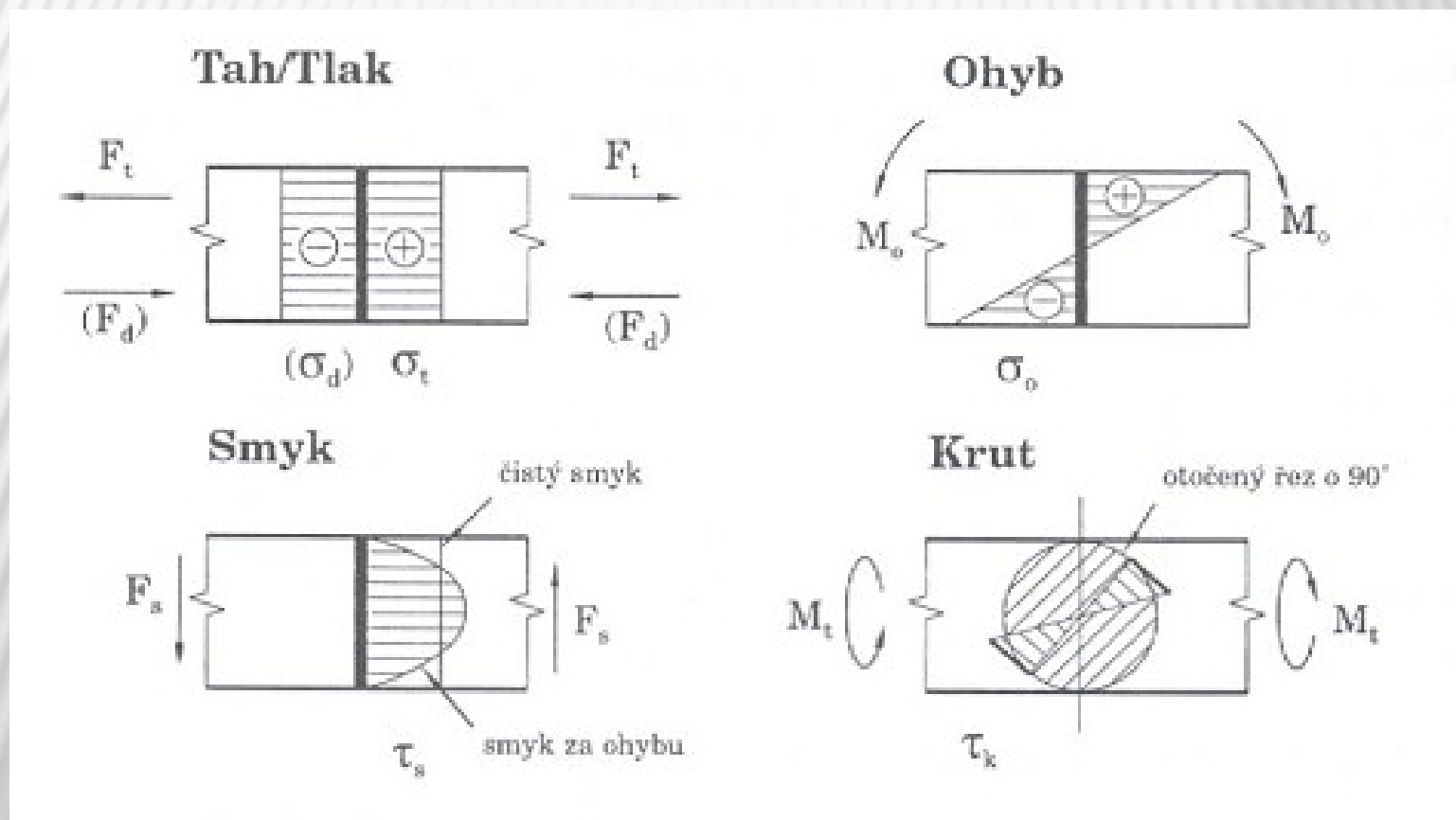


- Pomocí tvarových prvků



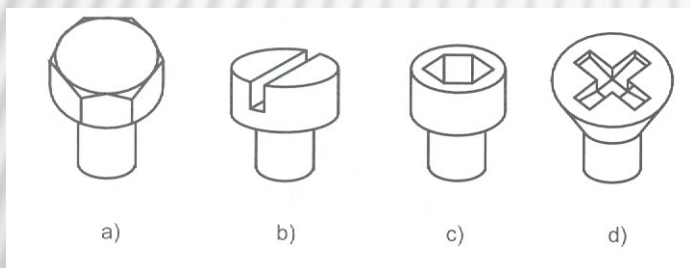
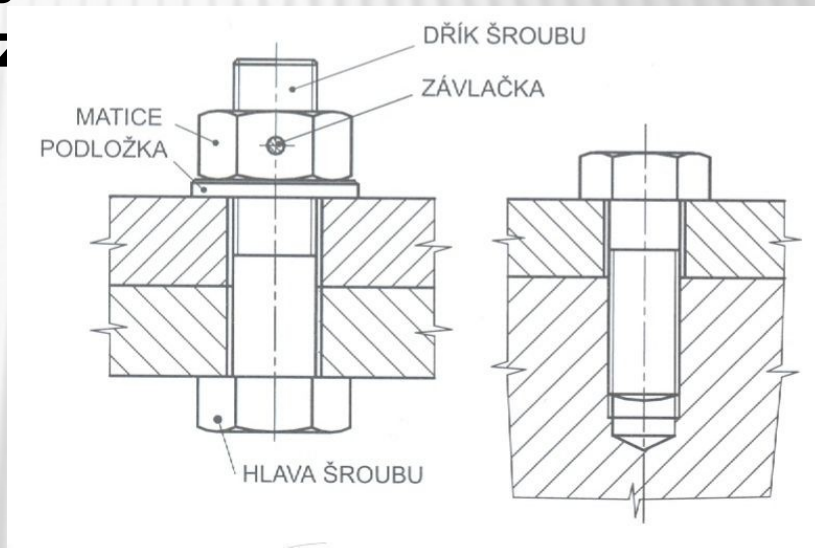
# NAMÁHÁNÍ SPOJŮ

Základní případy jednoduchých namáhání.



# ŠROUBOVÉ SPOJE

**Šroubové spoje** jsou rozebíratelné spoje používané k spojení dvou a nebo více dílců v jeden celek. Šroubový spoj tvoří kromě spojovaných součástí **šroub s maticí** a případně i podložka (nebo :



Nejčastěji se používají hlavy šroubů pro ruční utahování klíčem nebo šroubovákem. Hlavy šroubů: šestihranné (a), válcová (b), válcová s vnitřním šestihranem – imbus (c), zápustné (d).

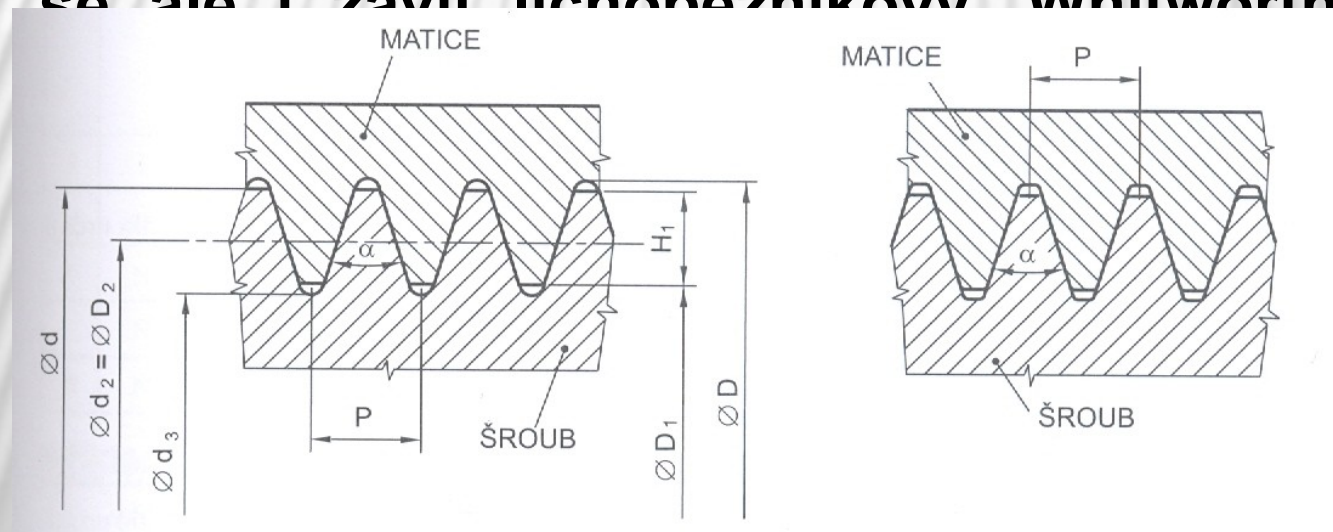


# ŠROUBOVÉ SPOJE

**Matice** se nejčastěji používají šestihranné.

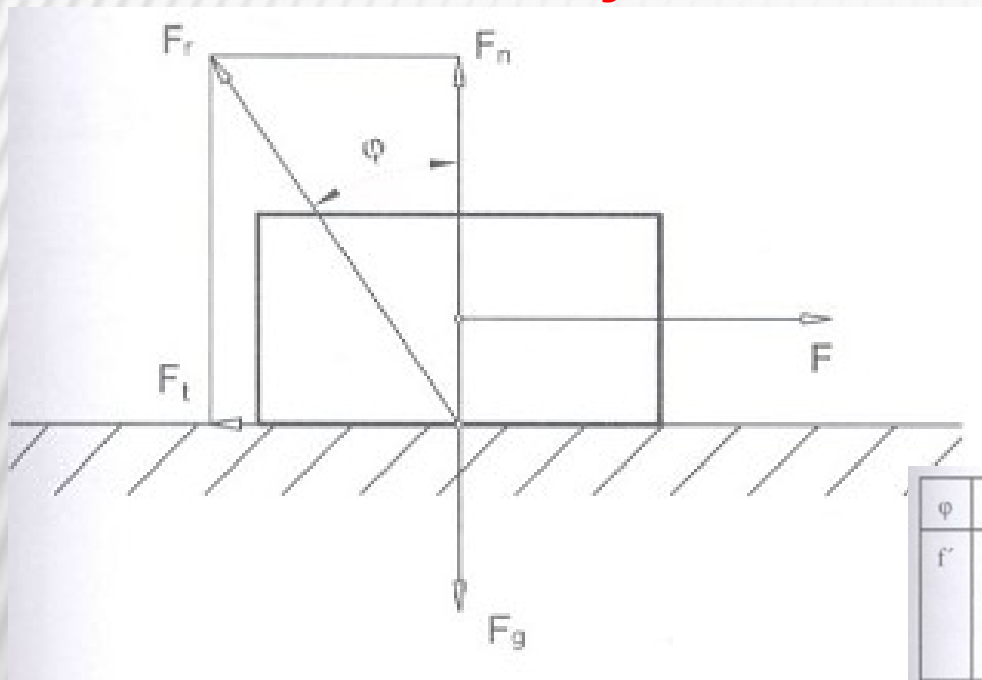
**Podložky** slouží k pojištění šroubu proti uvolňování (pružné nebo vějířové) nebo k rozložení tlaku na větší plochu.

Funkční částí šroubu je závit - nejčastěji metrický (používá se ale i závit lichoběžníkový Whitworthův, trubkový,



# ŠROUBOVÉ SPOJE - TEORIE

Při vzájemném pohybu závitů šroubu a matice vzniká mezi nimi - **smykové tření** .



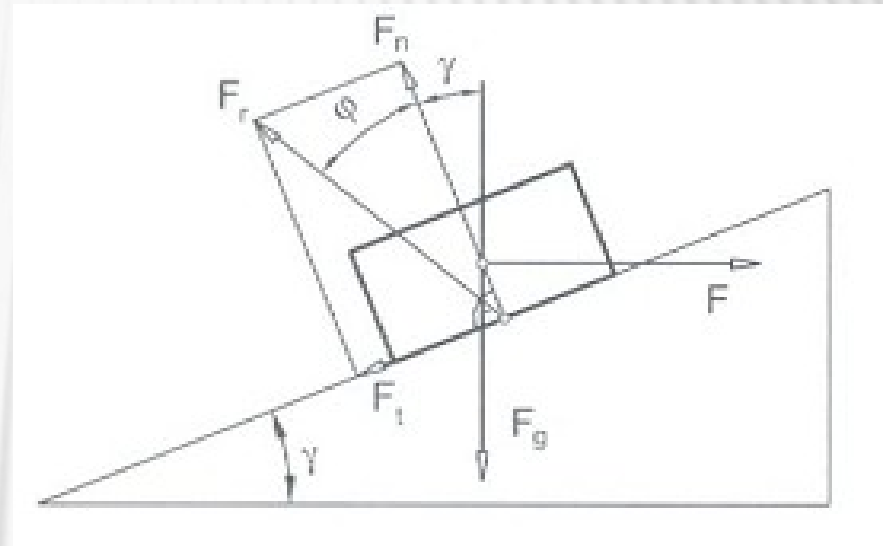
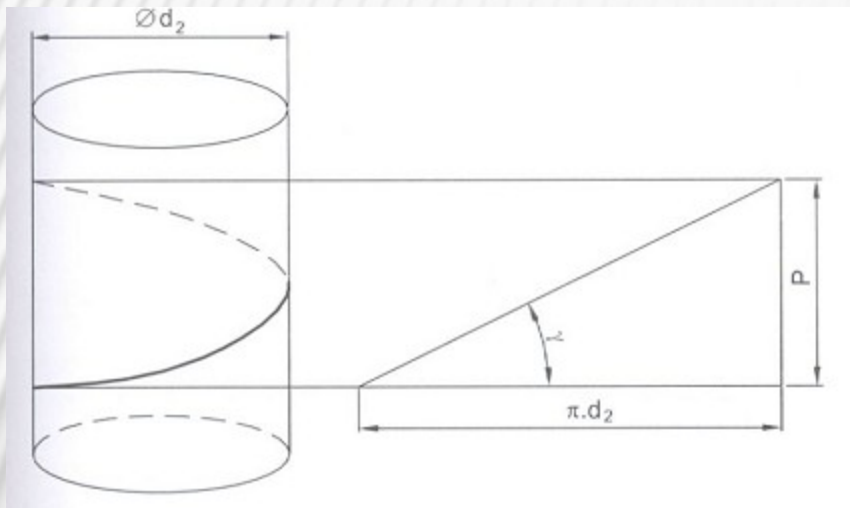
$$F = F_g \cdot f$$

$$F_t = F_g \cdot f'$$

$\varphi$	°	třecí úhel
$f'$	l	součinitel smykového tření v závitech $f' = 1,15.f$ ... pro metrický závit $f' = 1,03.f$ ... pro lichoběžníkový závit
$f$	l	součinitel smykového tření
$g$	$m.s^{-2}$	tíhové zrychlení ( $g = 9,81 m.s^{-2}$ )
$F_g$	N	tíhová síla břemene, u závitů síla v ose šroubu
$F_t$	N	třecí síla
$F$	N	síla pro pohyb břemene, u závitů obvodová síla na středním průměru závitu

# ŠROUBOVÉ SPOJE - TEORIE

Aplikace nakloněné roviny.



$F_n$  – normálová síla, (reakce podložky na tíhovou sílu  $F_g$ )

$F_t$  – třecí síla

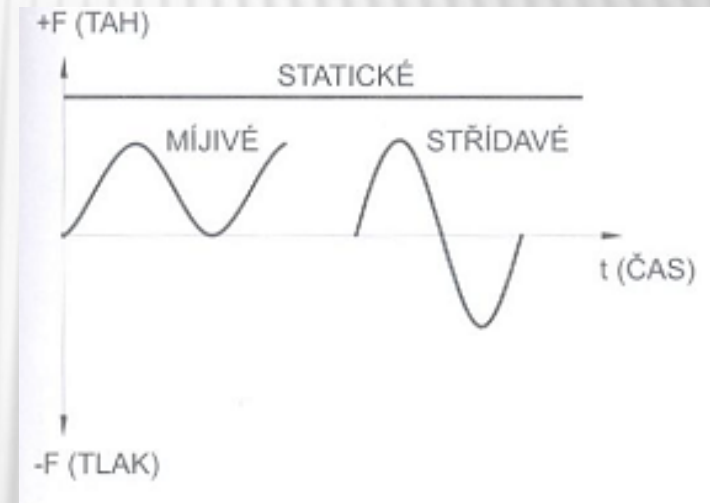
$$\operatorname{tg}(\gamma + \varphi) = \frac{F}{F_g} \Rightarrow F = F_g \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi)$$

# VÝPOČET ŠROUBOVÝCH SPOJŮ

Dřík šroubu může být zatížen – tahem, tlakem, smykem a krutem.

Při výpočtu šroubu je důležité znát i průběh zatížení, které může být:

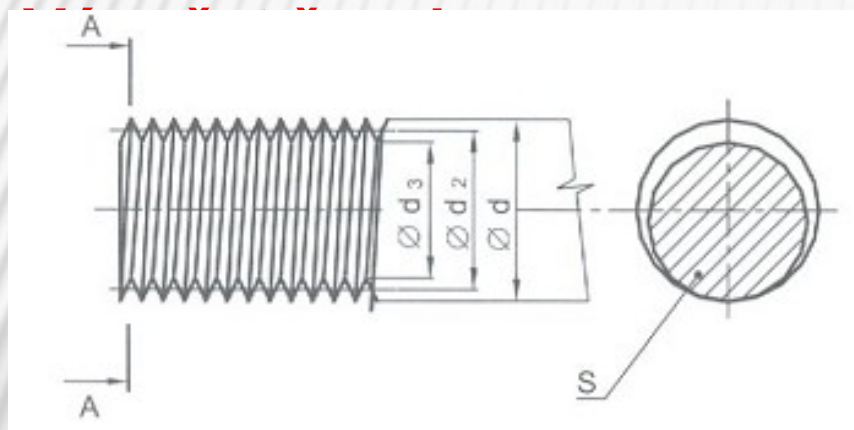
- statické;
- dynamické.



Na výpočet šroubu má vliv také utahovací moment nebo předpětí šroubu.

# NAMÁHÁNÍ TAHEM

Namáhání tahem vzniká v důsledku působení síly v ose šroubu.



$$\sigma_t = \frac{F}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

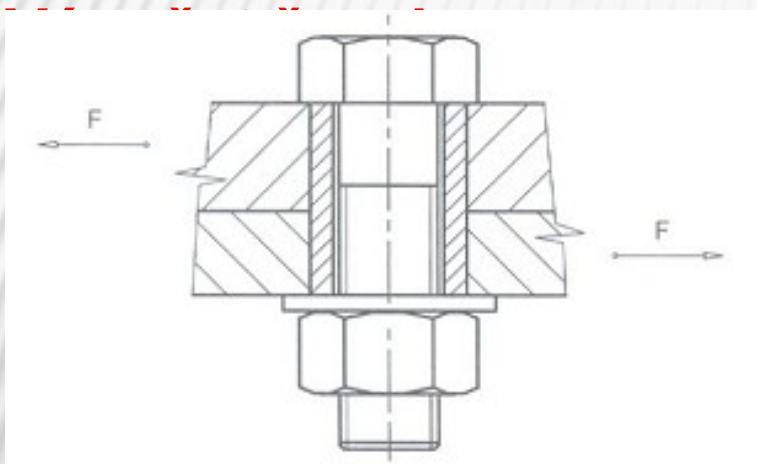
$\sigma_t, \sigma_{Dt}$	MPa	napětí a dovolené napětí v tahu
F	N	síla v ose šroubu
$S \equiv A_t$	mm <sup>2</sup>	výpočtový průřez
$d_2, d_3$	mm	střední a malý průměr závitu šroubu
$\sigma_{kt}$	MPa	mez kluzu v tahu

*Určení velikosti dovoleného napětí pro výpočet šroubů z meze kluzu:*

Druh utahování, předpětí	Zatížení statické	Zatížení mĳivĳe	Zatížení stĳidavĳe	Pĳiklad pouĳitĳí
šroub (matice) bez předpĳetĳí utahovĳn v nezatĳíženĳm stavu	$0,8 \cdot \sigma_{kt}$	$0,6 \cdot \sigma_{kt}$	$0,45 \cdot \sigma_{kt}$	zĳvĳit jeřĳbovĳho hĳaku (obr. 15)

# NAMÁHÁNÍ SMYKEM

Namáhání smykem vzniká pokud síla působí kolmo k ose šroubu

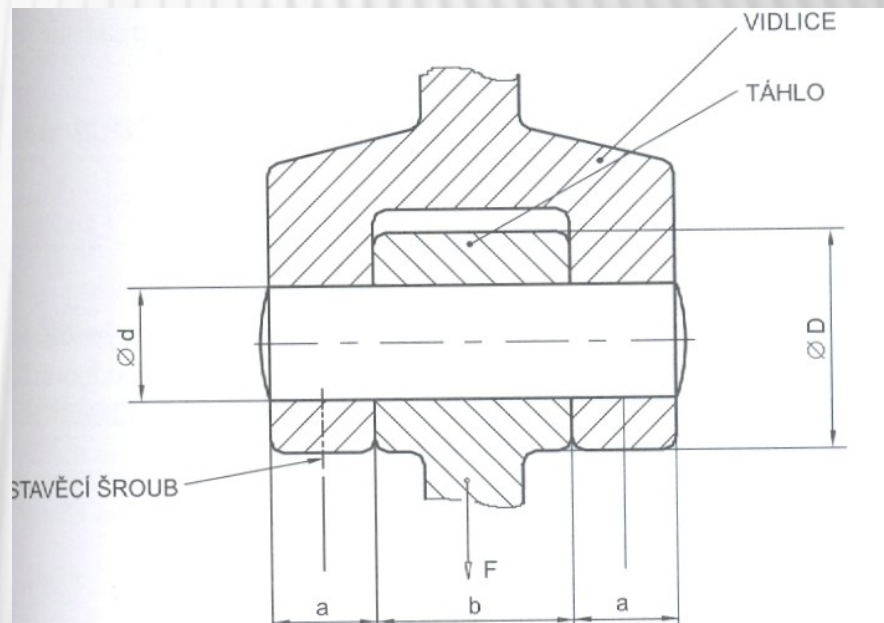
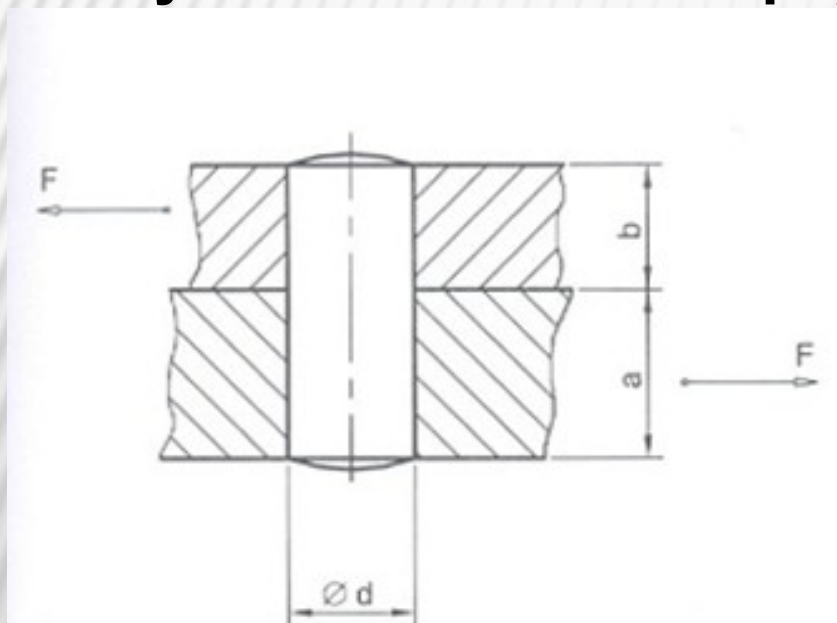


$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{D_s}$$
$$S = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}$$

Šrouby (kromě šroubů lícovaných) by neměly být využívány k přenosu smykového zatížení!!

# KOLÍKOVÉ A ČEPOVÉ SPOJE

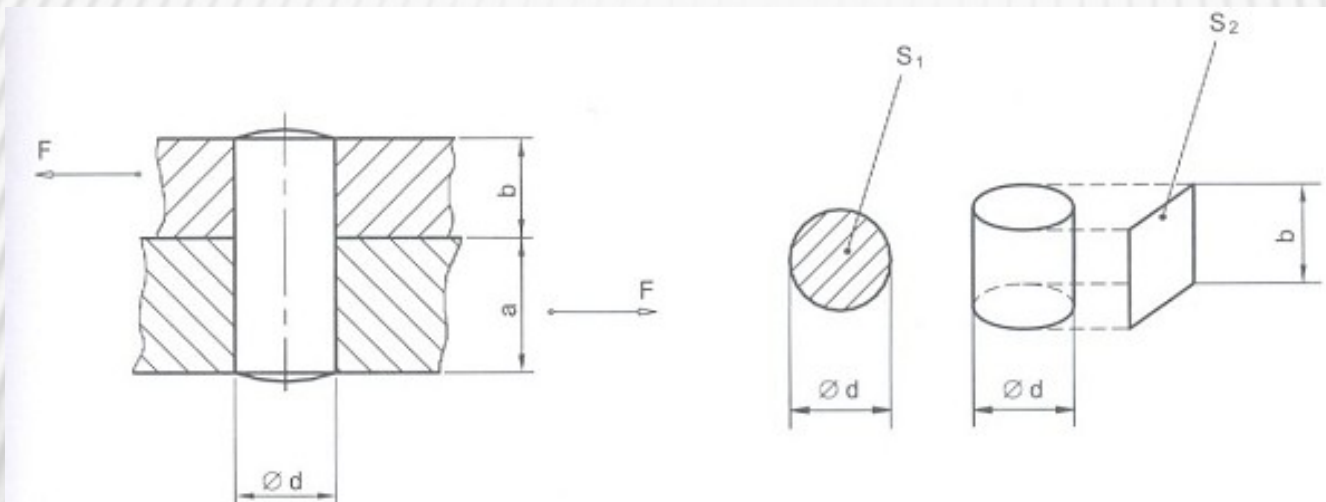
Kolíkový spoj slouží k přenášení sil mezi spojovanými součástmi, k vymezení a pojištění jejich polohy nebo vytvoření otočného spojení.



K vytvoření větších kloubových spojení dvou součástí se využívá čepů.

# VÝPOČET KOLÍKOVÝCH SPOJŮ

## Výpočet kolíku (na smyk a otláčení)



$$\tau_s = \frac{F}{S_1} \leq \tau_{D_s}$$

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

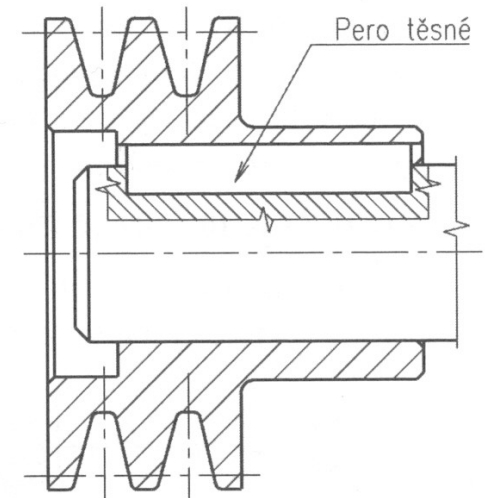
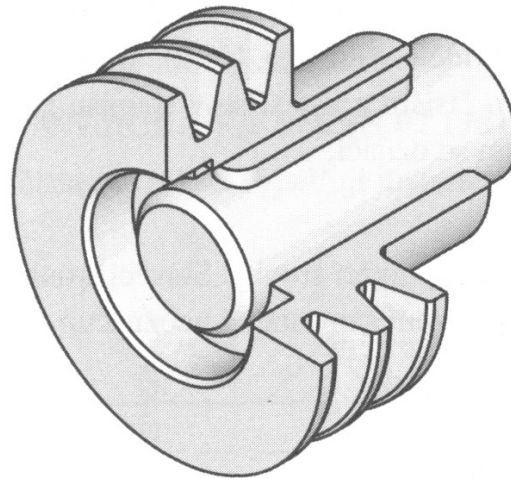
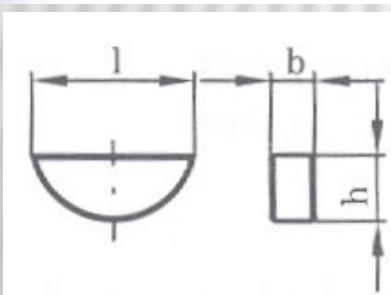
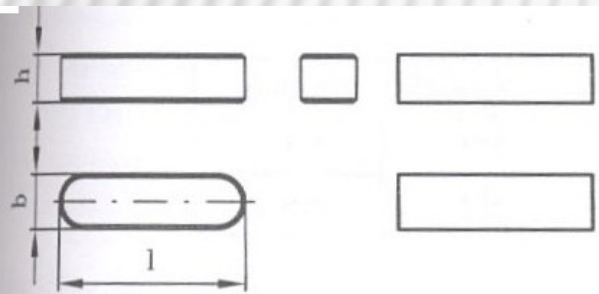
$$p = \frac{F}{S_2} \leq p_D$$

$$S_2 = d \cdot b$$



# SPOJ PEREM

Rozebíratelné spojení hřídele s nábojem pomocí pera je v praxi poměrně časté. Běžně se používají pera těsná méně často kotoučová (Woodruffova – obr. vlevo dole). Spojení těsným perem se využívá pro uložení ozubeného kola nebo řemenice na hřídeli, pro spojení kotouče spojky s hřídelem.



# VÝPOČET TĚSNÉHO PERA

Pera jsou namáhána na smyk a na otláčení.

$$p = \frac{F}{S_2} \leq p_D$$

$$S_2 = t_1 \cdot l$$

$$\tau_s = \frac{F}{S_1} \leq \tau_{Ds}$$

$$S_1 = b \cdot l$$

$S_1$	mm <sup>2</sup>	smykovaná plocha
$S_2$	mm <sup>2</sup>	otlačovaná plocha
$l$	mm	délka pera
$t_1$	mm	výška pera v náboji
$p_D$	MPa	dovolený tlak $p_D = \sigma_{Dd} \dots$ pro těsné pero $p_D = 0,17 \cdot \sigma_{Dd} \dots$ pro výměnné pero
$\tau_{Ds}$	MPa	dovolené napětí ve smyku $\tau_{Ds} = 0,6 \cdot \sigma_{Dt}$

# SVĚRNÉ A TLAKOVÉ SPOJE

**Svěrné spoje** jsou spoje se silovým stykem. Používají se svěrné spoje šroubem s rozříznutým nábojem, šroubem s děleným nábojem nebo kuželem.

**Tlakové spoje** jsou nerozebíratelné spoje se silovým stykem.

Podle způsobu výroby může vzniknout tlakový spoj:

Lisováním za studena – montáž se provádí např. pomocí hydraulického lisu.

Smrštěním po ohřevu náboje – způsob vhodný pro větší součásti, např. nákolky kol železničních vagónů.

Roztažením po ochlazení hřídele – po ochlazení hřídele v kapalném plynu.

# **SVAROVÉ SPOJE**

---

**Svarové spoje patří mezi nerozebíratelné spoje používané pro spojování kovů a plastů.**

**Z hlediska provedení se používají nejčastěji svarové spoje zhotovené tavným nebo tlakovým svařováním.**

**Výhodou svarových spojů je vysoká produktivita, využití svařovacích automatů, vhodnost technologie k renovacím a opravám.**

**Nevýhodou svarových spojů je pnutí a deformace vlivem zahřátí při svařování. Nutná úprava stykových ploch (v některých případech). Nutnost kvalifikované obsluhy.**

# **SVAROVÉ SPOJE**

---

**Vhodnost ocelí ke svařování je dána obsahem uhlíku do 0,25%.**

**Pro oceli s obsahem nad 0,5 % C se svařování nedoporučuje.**

**U složitějších svařenců (pokud je to možné) se provádí žíhání na odstranění vnitřního pnutí.**

**Svařence se obrábí na hotovo až po svaření.**

**Není vhodné hromadit svary v jednom místě.**

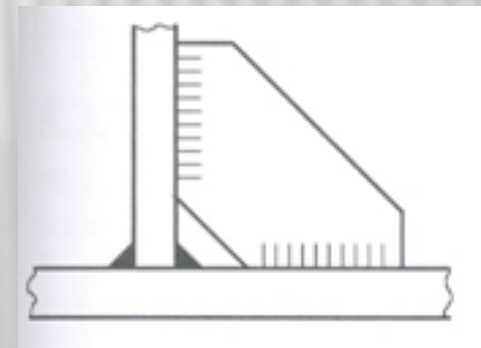
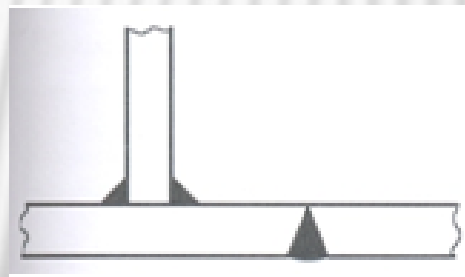
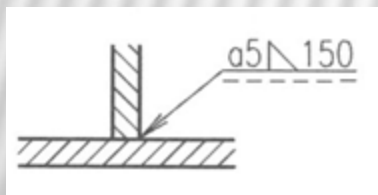
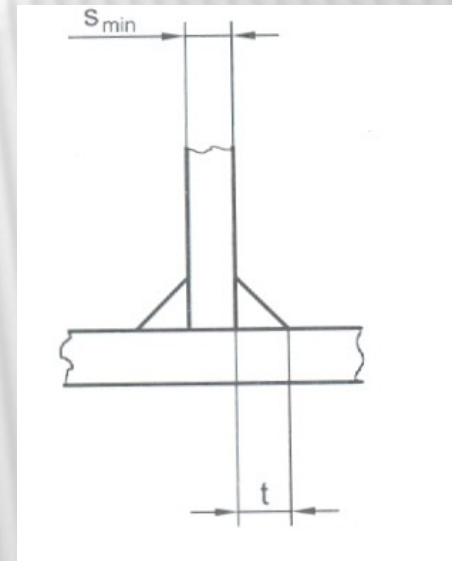
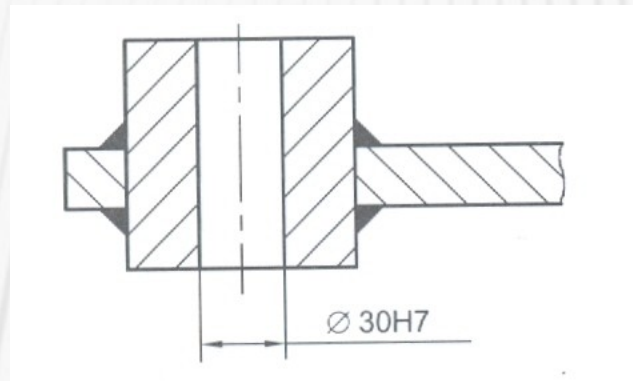
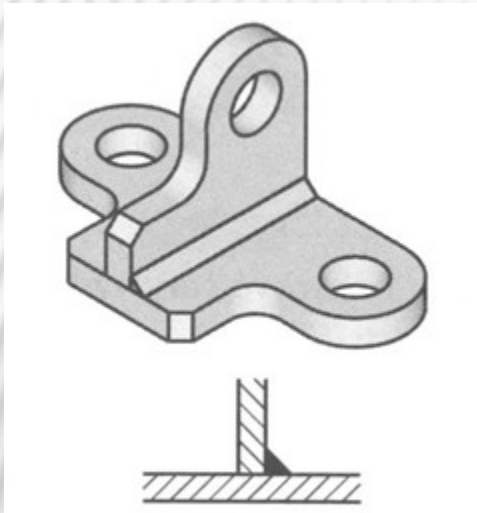
**Při konstrukci svařenců je nutné uvažovat přístupnost při svařování.**

**U svařenců je vhodné využívat vhodně umístěných výztuh.**

**Pokud to není nutné, měl by být svařenec navržen tak,**

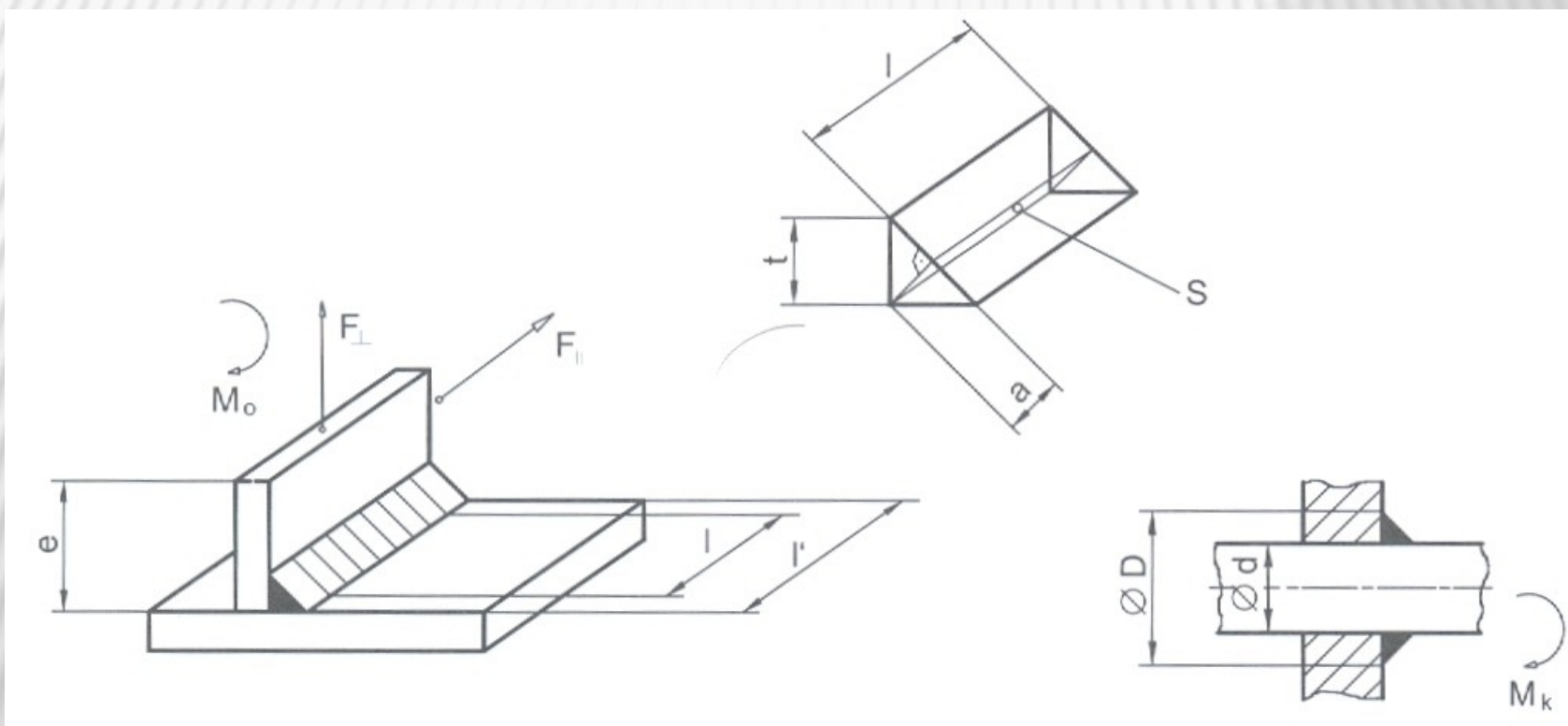
# SVARY KOUTOVÉ

Nejběžnější používané svary koutový, V-svar (I, X, U a další viz. ST).



# VÝPOČET KOUTOVÝCH SVARŮ

## Namáhání smykem a krutem



# VÝPOČET KOUTOVÝCH SVARŮ

## Namáhání smykem a krutem

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{\perp}}{S} \leq \tau_{Dsv}$$

$$\tau_{||} = \frac{F_{||}}{S} \leq \tau_{Dsv}$$

$$\tau_{||} = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Dsv}$$

$$W_k = 0,2 \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$$

$$S = a \cdot l$$

$$a = 0,7 \cdot t$$

$$l = l' - 1,5 \cdot t$$

$$D = d + 2 \cdot a$$

$F_{  }, F_{\perp}$	N	síla rovnoběžná a kolmá vzhledem k ose svaru
$\tau_{  }, \tau_{\perp}$	MPa	smyková napětí od sil $F_{  }$ a $F_{\perp}$
$\tau_{Dsv}$	MPa	dovolené napětí svaru ve smyku $\tau_{Dsv} = \alpha_{\perp} \cdot \sigma_{Dt}$ $\tau_{Dsv} = \alpha_{  } \cdot \sigma_{Dt}$
S	mm <sup>2</sup>	namáhaný průřez svaru smykem
$\sigma_{Dt}$	MPa	dovolené napětí svařovaného materiálu v tahu
$M_k$	Nmm	kroucí moment na hřídeli
$W_k$	mm <sup>3</sup>	modul průřezu v krutu
l	mm	výpočtová délka svaru, při více svarech celková délka svarů
l'	mm	délka svaru
a, t, d, D	mm	rozměry svarů
$\alpha$	1	převodní součinitel, zahrnuje výrobní nepřesnosti



# PÁJENÉ SPOJE

Pájené spoje jsou nerozebíratelné spoje vytvořené materiálovým stykem pomocí přídavného roztaveného kovu – pájky.

Pájení se používá zejména v elektrotechnice. Ve strojírenství např. pro pájení slinutých karbidů na řezný nástroj.

Pájené spoje mají mít co největší stykovou plochu.

Pro spoje s menší pevností se používají měkké pájky Sn-Pb (teplota tavení do 500°C), pro spoje s větší pevností tvrdé pájky mosazné, stříbrné (teplota tavení nad 500°C).

Výhodou pájení je možnost spojování nejrůznějších materiálů – kovů i keramiky.

Největší výhodou pájení je možnost spojování nejrůznějších materiálů – kovů i keramiky.

# VÝPOČET PÁJENÝCH SPOJŮ

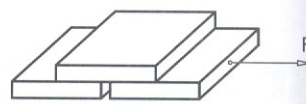
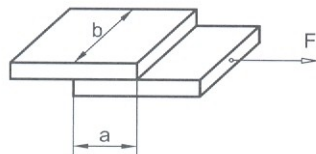
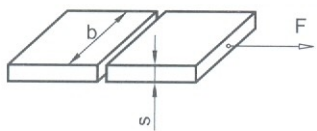
Pájené spoje mohou být namáhány tahem nebo smykem.

$$\sigma_t = \frac{F}{S_1} \leq \sigma_D$$

$$S_1 = b \cdot s$$

$$\tau_s = \frac{F}{S_2} \leq \tau_D$$

$$S_2 = b \cdot a$$



$\sigma_D, \tau_D$	MPa	dovolené napětí spoje v tahu a ve smyku $\sigma_D = \frac{\sigma_{Pt}}{k}$ $\tau_D = \frac{\tau_{Ps}}{k}$
$\tau_{Ps}$	MPa	mez pevnosti spoje ve smyku $\tau_{Ps} = (0,35 \div 0,65) \cdot \sigma_{Pt}$
$\sigma_{Pt}$	MPa	mez pevnosti spoje v tahu $\sigma_{Pt} = 35 \div 60$ MPa ... pro měkké pájky $\sigma_{Pt} = 60 \div 380$ MPa ... pro tvrdé pájky
k	1	bezpečnost spoje $k = 3 \div 4$
$S_1, S_2$	mm <sup>2</sup>	plocha pájeného spoje
a, b, s	mm	rozměry spoje

# LEPENÉ SPOJE

---

**Lepené spoje jsou nerozebíratelné spoje vytvořené materiálovým stykem pomocí adheze (přilnavosti) lepidla.**

**Lepení je vhodné pro vytváření spojů kovových i nekovových materiálů, především tam, kde na spoj nepůsobí velké zatížení.**

**Výhodou lepených spojů je těsnost, možnost spojování odlišných materiálů.**

**Nevýhodou je nevhodnost spojů pro vyšší teploty a agresivní prostředí, případně stárnutí spoje.**

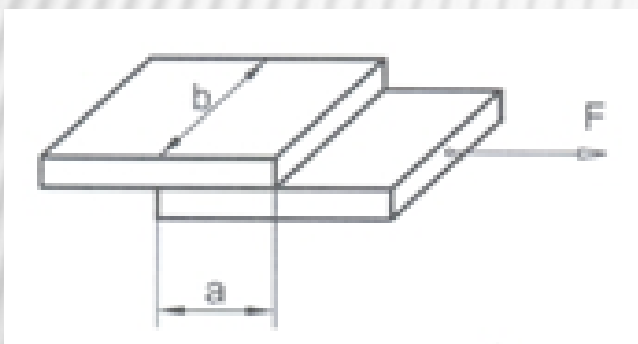
**Lepené spoje by stejně jako pájené měly mít co největší stykovou plochu.**

# LEPENÉ SPOJE

**K lepení kovů se používají lepidla na bázi formaldehydových nebo epoxidových pryskyřic.**

**K lepení nekovových materiálů se používají lepidla na bázi syntetických kaučuků nebo disperzní a vodou ředitelná lepidla.**

**Pevnost spoje závisí i na úpravě povrchu lepeného**



# VÝPOČET LEPENÝCH SPOJŮ

Lepené spoje by měly být namáhány pouze na smyk!

$$\tau_s = \frac{F}{S_2} \leq \tau_D$$

$$S_2 = b \cdot a$$

$\tau_D$	MPa	dovolené napětí spoje ve smyku $\tau_D = \frac{\tau_{Ps}}{k}$
$\tau_{Ps}$	MPa	mez pevnosti spoje ve smyku $\tau_{Ps} = 6 \div 35$ MPa ... dle druhu lepidla a spojovaného materiálu
k	1	bezpečnost spoje $k = 3 \div 4$
$S_2$	mm <sup>2</sup>	plocha lepeného spoje
a, b	mm	rozměry spoje

# NÝTOVÉ SPOJE

---

**Nýtové (nýtované) spoje jsou spoje tvořené pomocí spojovacího prvku nýtu.**

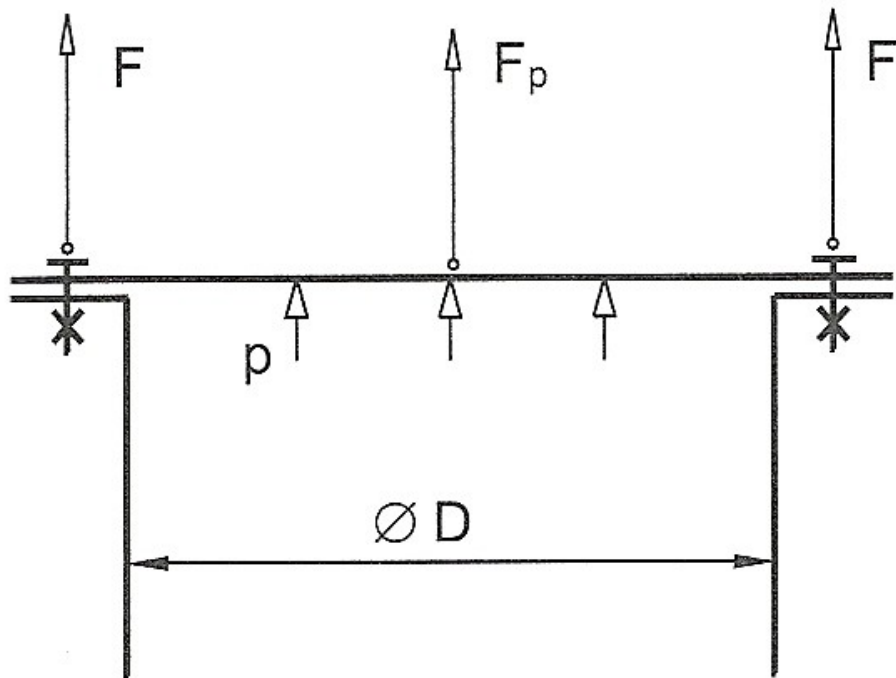
**Nýtování může být:**

**Přímé nýtování – vhodné pro spojování menších součástí. Vzniká roznýtováním konce jedné ze spojovaných součástí.**

**Nepřímé nýtování – používalo se dříve u velkých konstrukcích, dnes je nahrazováno svařováním a pájením. K nýtování se používá spojovacího prvku – nýtu.**

# PŘÍKLADY

## Př.1 – Šroubový spoj



*Obr. 17: Víko tlakové nádoby*

# PŘÍKLADY

## Příklad:

Víko válce (obr. 17) s průměrem  $D = 200 \text{ mm}$  je připevněno šesti normalizovanými šrouby z materiálu s vlastnostmi 8G. Přetlak pracovní látky je  $4,5 \text{ MPa}$ . Určete rozměr šroubu.

$$F_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p$$

$$F = \frac{F_p}{i}$$

$$\sigma_{Dt} = (0,1 \div 0,3) \cdot \sigma_{Kt} = 0,3 \cdot \sigma_{Kt}$$

$$S = \frac{F}{\sigma_{Dt}} = \frac{F_p}{i \cdot \sigma_{Dt}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p}{4 \cdot i \cdot \sigma_{Dt}}$$



# PŘÍKLADY

## Příklad:

Víko válce (obr. 17) s průměrem  $D = 200 \text{ mm}$  je připevněno šesti normalizovanými šrouby z materiálu s vlastnostmi 8G. Přetlak pracovní látky je  $4,5 \text{ MPa}$ . Určete rozměr šroubu.

$$F_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p$$

$$F = \frac{F_p}{i}$$

$$\sigma_{Dt} = (0,1 \div 0,3) \cdot \sigma_{Kt} = 0,3 \cdot \sigma_{Kt} = 0,3 \cdot 640 = 192 \text{ MPa}$$

$$S = \frac{F}{\sigma_{Dt}} = \frac{F_p}{i \cdot \sigma_{Dt}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p}{4 \cdot i \cdot \sigma_{Dt}} = \frac{\pi \cdot 200^2 \cdot 4,5}{4 \cdot 6 \cdot 192} = 122,7 \text{ mm}^2$$

Nejbližší vyšší výpočtový průřez  $S = A_S = 157 \text{ mm}^2 \Rightarrow$  šroub M16

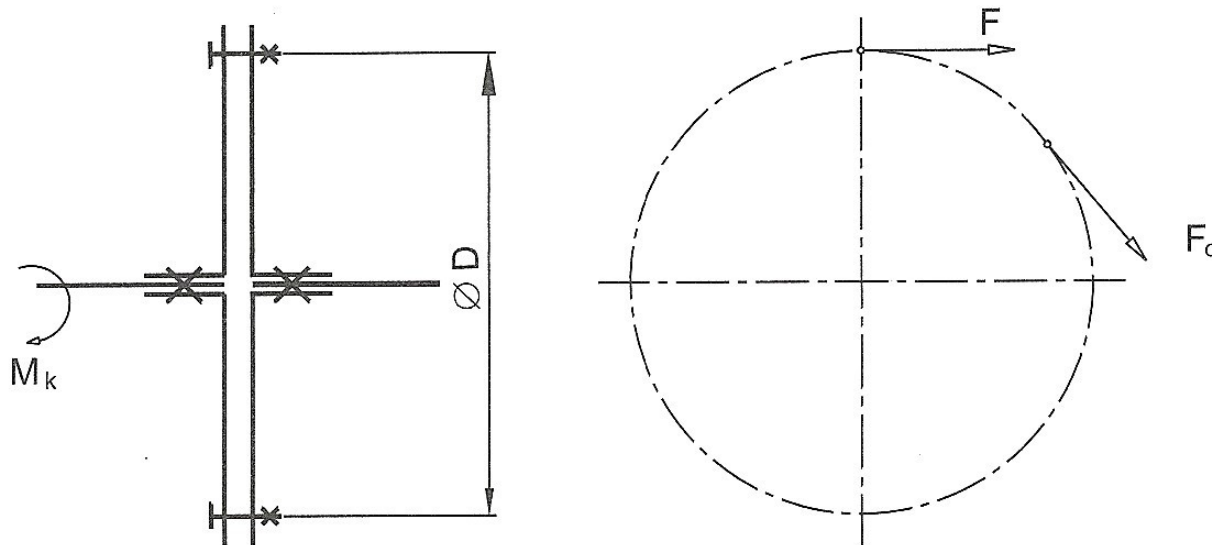
# PŘÍKLADY

## Př.2 – Šroubový spoj

### Příklad:

Kotoučová spojka (obr. 20) je spojena pomocí lícovaných šroubů ČSN 021111.1. Přenáší krouticí moment  $M_k = 3\,850\text{ Nm}$ ,

$D = 270\text{ mm}$ . Počet šroubů  $i = 4$ . Určete rozměr šroubů.



Obr. 20: Kotoučová spojka

# PŘÍKLADY

## Př.2 – Šroubový spoj

Z kroučícího momentu se stanoví obvodová síla  $F_o$  a z ní pak síla působící na jeden šroub  $F$ :

$$F_o = \frac{2 \cdot M_k}{D}$$

$$F = \frac{F_o}{i}$$

$$\sigma_{Kt} = 0,6 \cdot \sigma_{Pt}$$

$$\tau_{Ds} = 0,3 \cdot \sigma_{Kt}$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_2^2}{4}} \leq \tau_{Ds} \Rightarrow d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{Ds}}}$$

# PŘÍKLADY

## Př.2 – Šroubový spoj

Z kroučícího momentu se stanoví obvodová síla  $F_o$  a z ní pak síla působící na jeden šroub  $F$ :

$$F_o = \frac{2 \cdot M_k}{D} = \frac{2 \cdot 3\,850\,000}{270} = 28\,518,5 \text{ N}$$

$$F = \frac{F_o}{i} = \frac{28\,518,5}{4} = 7\,129,6 \text{ N}$$

$$\sigma_{Kt} = 0,6 \cdot \sigma_{Pt} = 0,6 \cdot 500 = 300 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ds} = 0,3 \cdot \sigma_{Kt} = 0,3 \cdot 300 = 90 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_2^2}{4}} \leq \tau_{Ds} \Rightarrow d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{Ds}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7\,129,6}{\pi \cdot 90}} = 10 \text{ mm}$$

Zvoleny lícované šrouby *M10* s průměrem  $d_2 = 11 \text{ mm}$ .

# LITERATURA

- [1] Hosnedl, S., Krátký, J. *Příručka strojího inženýra 1*, Computer press, 1999, 313 s.
- [2] Zelený, J. *Stavba strojů strojí součásti*. Cpress, 2007, 157 s.
- [3] Stejskal, V. a kol. *Mechanika 1*. ČVUT, 1998, 163 s.
- [4] *internet* <<http://www.338.vsb.cz/PDF/04HYDRO-STROJE.pdf>>
- [5] *internet*  
<[http://www.restauratorskadilna.cz/fotoalbum.php?adresar=/opravy/projekty-konzultace/2010-parni\\_stroj\\_Skoda-Techmania](http://www.restauratorskadilna.cz/fotoalbum.php?adresar=/opravy/projekty-konzultace/2010-parni_stroj_Skoda-Techmania) >