

# Spoje ve strojírenství

Elektronická učebnice

*Miloš Šlupina*

Tento materiál byl vytvořen v rámci projektu CZ.1.07/1.1.07/03.0027  
Tvorba elektronických učebnic

## Spoje a spojovací součásti

### Obsah

1 Rozdělení spojů .....	4
2 Šroubové spoje .....	6
2.1 Části šroubového spoje .....	6
2.2 Typy šroubů, matic a podložek dle ČSN .....	7
2.3 Pojištění šroubových spojů .....	11
2.4 Závity .....	13
2.4.1 Druhy závitů .....	13
2.4.2 Označování závitů .....	16
2.4.3 Lícování závitů .....	17
2.4.4 Závitová uložení s vůlí .....	17
2.5 Materiály šroubů a matic .....	18
2.6 Způsoby zatížení šroubových spojů .....	19
2.7 Průřezové parametry závitu šroubu .....	23
3 Kolíkové spoje .....	23
3.1 Rozdělení kolíků .....	25
3.2 Namáhání a výpočet kolíkového spoje .....	28
3.2.1 Příčný kolík .....	28
3.2.2 Podélný (spárový) kolík .....	29
3.2.3 Radiální kolík .....	29
3.2.4 Příčný kolík v táhle a objímce .....	30
4 Čepové spoje .....	31
4.1 Druhy čepů .....	31
4.2 Zajištění čepů a konstrukce čepových spojů .....	32
4.3 Namáhání a výpočet čepů .....	34
5 Nýtové spoje .....	35
5.1 Vlastnosti nýtového spoje .....	35

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Spoje a spojovací součásti

5.2 Provedení nýtových spojů .....	36
5.3 Použití nýtových spojů .....	38
5.4 Typy nýtů .....	39
5.5 Zatížení a výpočet nýtového spoje .....	42
6 Svarové spoje .....	43
6.1 Vlastnosti svarových spojů .....	43
6.2 Materiály svarových spojů .....	44
6.3 Druhy svarů .....	44
6.4 Namáhání svarů .....	46

## Spoje a spojovací součásti

### Spoje a spojovací součásti

Spoje spojují strojní součásti v strojní celky.

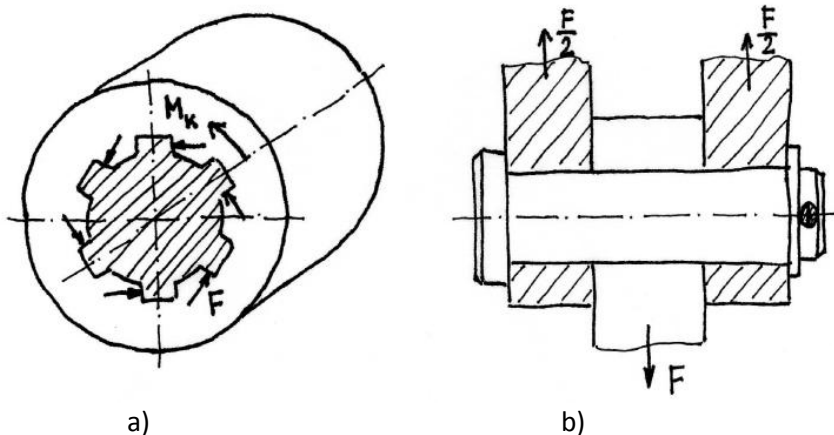
#### 1 Rozdělení spojů

Je možné je rozdělit podle principu působení spoje a podle rozebíratelnosti.

Při spojení dvou nebo více součástí existují v podstatě tři možnosti spojení:

- tvarovým stykem
- silovým stykem
- materiálovým stykem

Spojení tvarovým stykem se uskutečňuje tak, že přenos sil mezi spojovanými součástmi se děje pouze normálovými napětími nebo normálovými silami (tlak) mezi stykovými plochami.



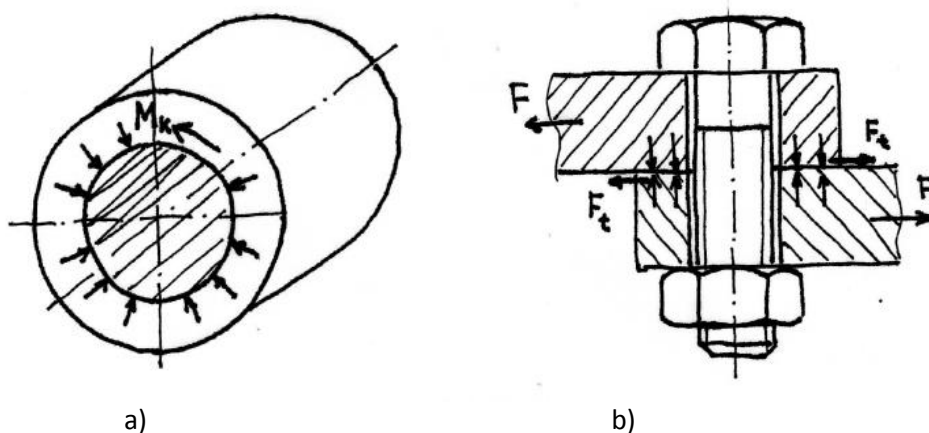
Obr. 1: Spoj tvarovým stykem

a) přenos krouticího momentu drážkovým hřídelem s rovnými plochami na drážkový náboj

b) přenos síly normálovým napětím u kloubového spojení táhla s vidlicí pomocí čepu

Spojení silovým stykem se uskutečňuje vzájemným vzepřením součástí. Síly se přenášejí třením, které je vyvoláno rozpěrnými normalovými silami podle Coulombova zákona.

## Spoje a spojovací součásti

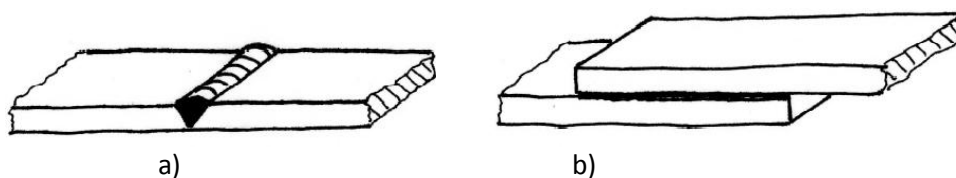


Obr. 2: Spoj silovým stykem

a) tlakový spoj hřídele s nábojem, který přenáší kroučící moment silovým stykem vzniklým předpětím tlakového spoje

b) spojení součástí volně průchozím šroubem, zatíženým silou kolmo k ose

Spojení materiálovým stykem je provedeno přídavnými materiály (svařování, pájení, lepení).



Obr. 3: Spoj materiálovým stykem

a) svařování - přídavný materiál stejného charakteru a pevnosti jako základní materiál spojovaných částí

b) pájení, lepení, tmelení - přídavný materiál jiného charakteru s menší pevností než základní materiál

U některých konkrétních spojů nastává kombinace silového a tvarového styku – spoje jsou pak nazývány kombinované (např. některé šroubové spoje jsou silové, jiné tvarové; klínové spoje jsou především silové, ale současně mohou přenášet kroučící moment i tvarově; nýtové spoje přenášejí napětí a síly tvarově, ale i třením mezi spojovanými částmi – tedy silově).

## Spoje a spojovací součásti

Dalším hlediskem pro rozdělení spojů je schopnost jejich opětovné rozebíratelnosti - rozdělují se na rozebíratelné a nerozebíratelné. Rozebíratelnost znamená možnost vícekrát spoj bez porušení rozebrat a znovu smontovat týmiž spojovacími součástmi.

### 2 Šroubové spoje

Šroubové spoje jsou nejčastěji používané rozebíratelné spoje dvou nebo více součástí. Jsou tvořeny spojovanými součástmi s dírou pro šroub, šroubem, maticí a podložkou (nemusí být součástí spoje).

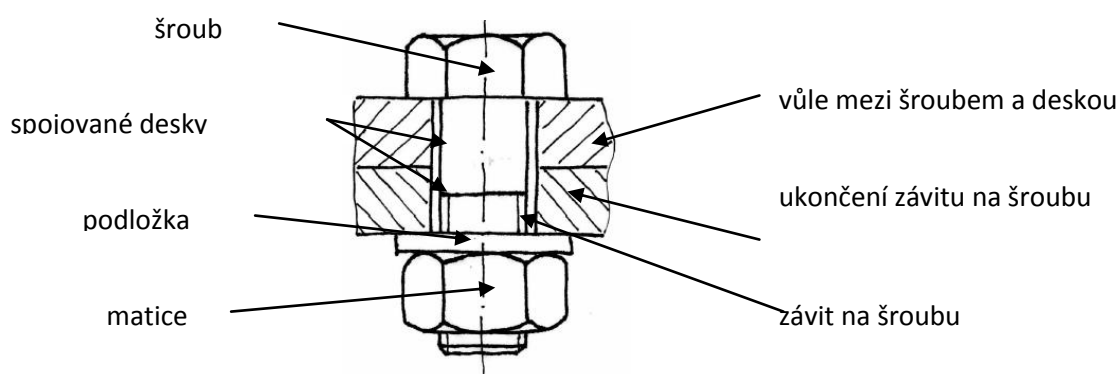
Šroubem se rozumí součást se závitem na vnější válcové ploše, matice je součást s dírou se závitem.

Pro šroubové spoje se většinou používají normalizované šrouby, matice i podložky.

Tvoří se tvarový spoj, protože síla z jedné součásti do druhé se přenáší tvarovou spojovací součástí, tj. šroubem. Časté jsou však případy, kdy se utažením šroubu před zatížením vyvolává osová (normálová) síla předpětí ve šroubu i spojovaných součástech a tím i tření (tangenciální síla ve spoji. Tím vzniká spoj tvarový s předpětím, který je v podstatě již silovým spojením.

#### 2.1 Části šroubového spoje

Šroubový spoj tvoří spojované desky s dírou pro šroub, šroub, matice a podložka (většinou, ale nemusí být).

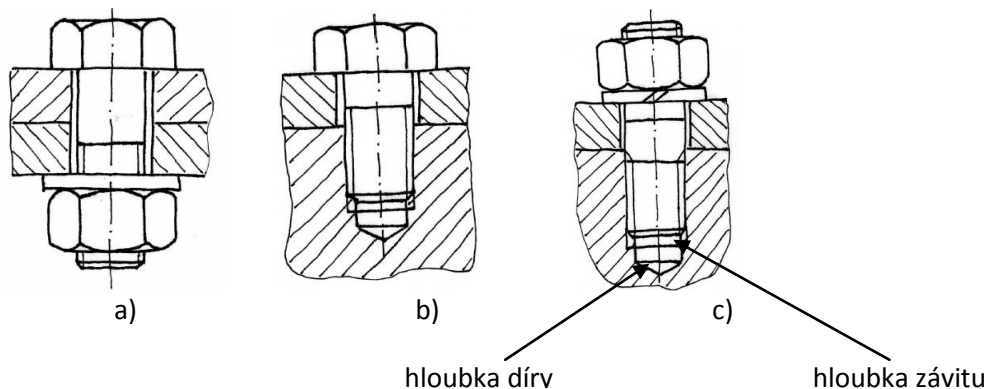


Obr. 4: Hlavní součásti šroubového spoje a jeho prokreslení

Existuje mnoho normalizovaných typů šroubů a matic, ve strojní praxi se však většinou používají hlavně ty, které umožňují dostatečné nebo předepsané vzájemné utažení utahovacím momentem (vždy se použije montážní klíč).

## Spoje a spojovací součásti

Podle toho (podle použitého šroubu a matice) existují tři základní druhy šroubových spojů:



Obr. 5. Základní typy šroubových spojů a jejich prokreslení

- a) šroubový spoj se šroubem a maticí, šroub je v díře s vřtí
- b) šroubový spoj se šroubem, závit (matice) je ve spojované desce
- c) šroubový spoj se závrtným šroubem

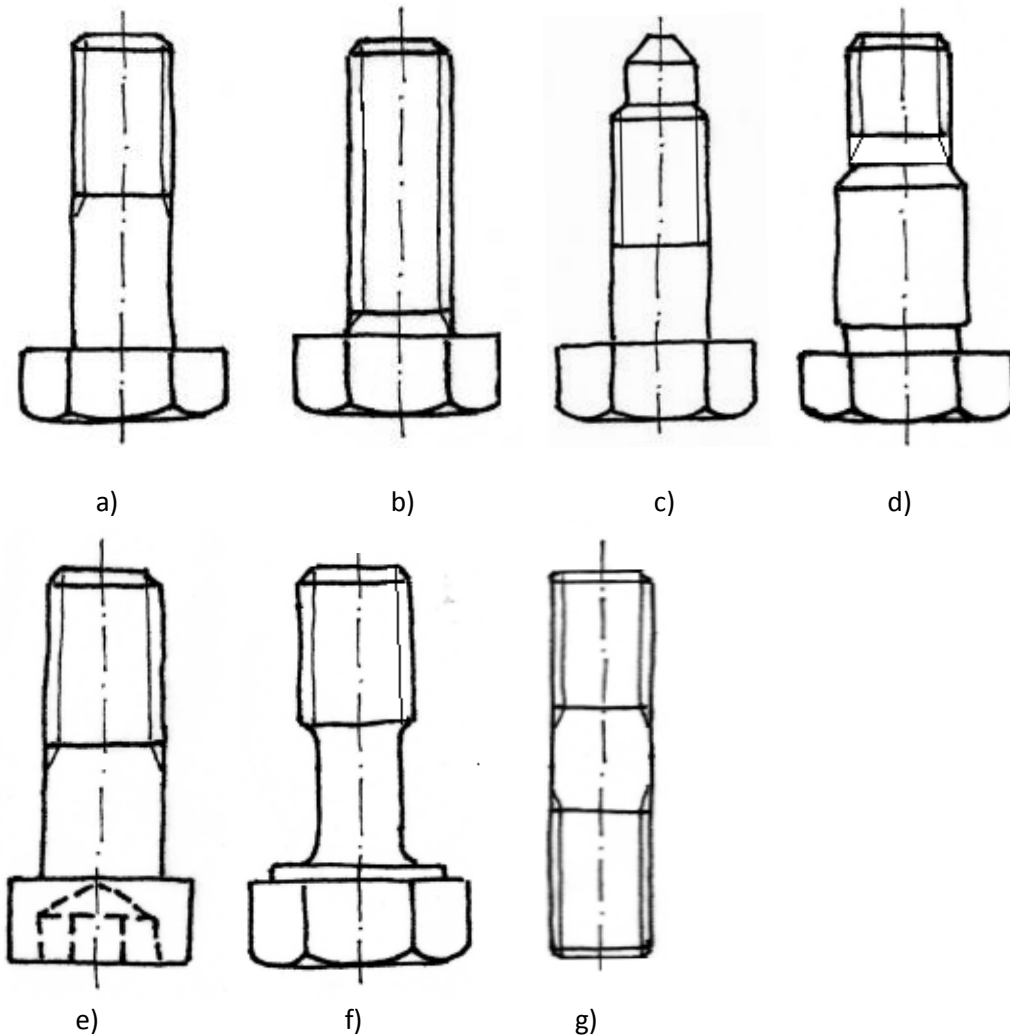
Pro danou velikost šroubu  $M_d$  je velikost díry v desce předepsána ČSN, pro řešení se závitem v desce dle b), c) předepisuje hloubku díry a hloubku závitu taktéž ČSN.

Hloubka zavrtání šroubu do oceli je obvykle  $1d$ . U tenkých plechů (např. ve stavbě přístrojů) není možno často tuto míru dodržet. Nemůže-li se použít průchozích šroubů nebo jiného spoje, např. bodového svařování nebo nýtování, můžeme hloubku zašroubování zvýšit konstrukčními úpravami.

### 2.2 Typy šroubů, matic a podložek dle ČSN

ČSN určuje tvary a rozměry jednotlivého spojovacího materiálu (šroubů, matic, podložek, závlaček apod.).

## Spoje a spojovací součásti



Obr. 6: Některé druhy šroubů dle ČSN

- a) Šroub se šestihrannou hlavou
- b) Šroub se šestihrannou hlavou a závitem až k hlavě
- c) Šroub se šestihrannou hlavou a čípkem
- d) Lícovaný šroub se šestihrannou hlavou
- e) Šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem (Inbus)
- f) Šroub se šestihrannou hlavou (pružný)
- g) Závrtný šroub

Rozměry šroubů jsou normalizovány dle ČSN a uvedeny ve ST.

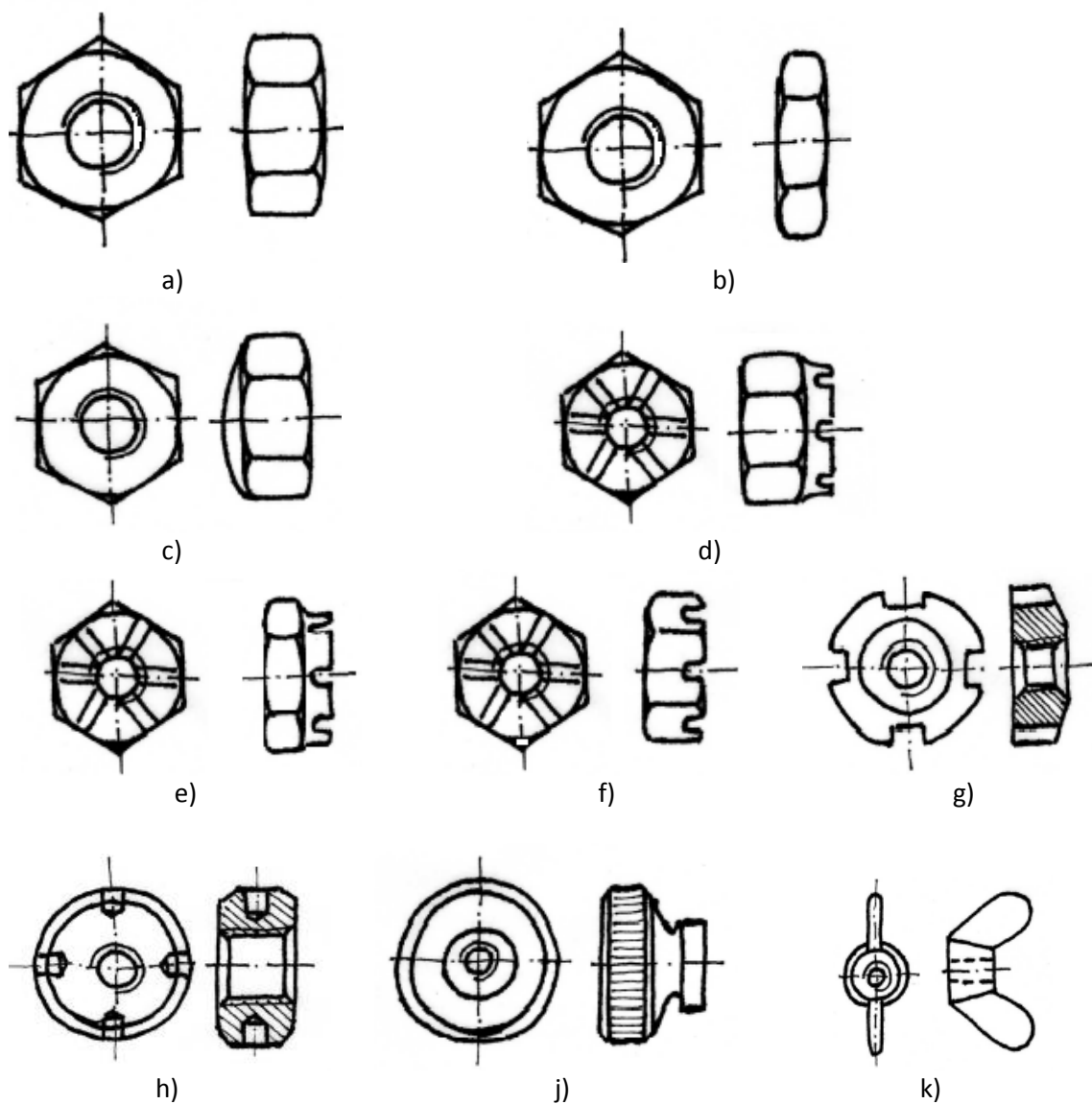


## Spoje a spojovací součásti

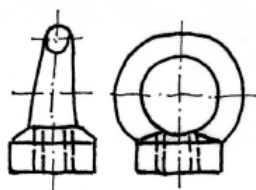
Zakončení závitu na dřívku nebo v díře se může provést buď výběhem, nebo drážkou. Normalizovaná zakončení jsou v ST.

Ukončení normalizovaných šroubů podle ČSN 02 1031 jsou v ST.

Šrouby, matice a další tvarové součásti (do M 20) se ve šroubárnách vyrábějí objemovým tvářením za studena. Tato technologie nahrazuje soustružení, zvyšuje produktivitu práce a mechanické vlastnosti výrobků a snižuje náklady výroby.



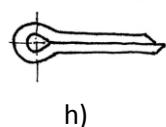
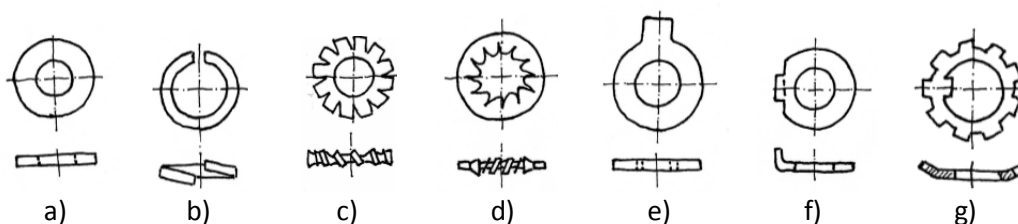
## Spoje a spojovací součásti



m)

Obr. 7: Některé druhy matic dle ČSN

- a) Šestihranná matice
- b) Šestihranná matice nízká
- c) Šestihranná matice uzavřená
- d) Korunová matice
- e) Korunová matice nízká
- f) Korunová matice
- g) Upínací a stahovací kruhová matice se zářezy na obvodě
- h) Kruhová matice se zářezy na obvodě
- j) Rýhovaná matice
- k) Křídlová matice
- m) Závěsná matice



h)

Obr. 8: Některé druhy podložek dle ČSN

- a) Podložka
- b) Podložka pružná

## Spoje a spojovací součásti

- c) Vějířová podložka s vnějším ozubením
- d) Vějířová podložka s vnitřním ozubením matice
- e) Pojistná podložka s jazýčkem
- f) Pojistná podložka s nosem
- g) Pojistná podložka typ MP
- h) Závlačka

Podložky se vkládají ve šroubových spojích pod matici (někdy též pod hlavu šroubu) v těchto případech:

- má-li se rozdělit tlak matice na větší plochu, aby se matice nebo hlava nezatlačovala do součásti z měkčího materiálu (dřevo, kůže, plasty, lehké slitiny)
- prochází-li šroub oválnou dírou nebo s velkou vůlí
- je-li dosedací plocha pro nebo hlavu na spojované součásti neobrobená, drsná nebo nerovná
- má-li se zamezit odírání součástí při častém uvolňování matice
- je-li dosedací plocha pro matici nebo hlavu na součásti šikmá, k vyrovnání sklonu (při spojování profilů U a I)

### 2.3 Pojištění šroubových spojů

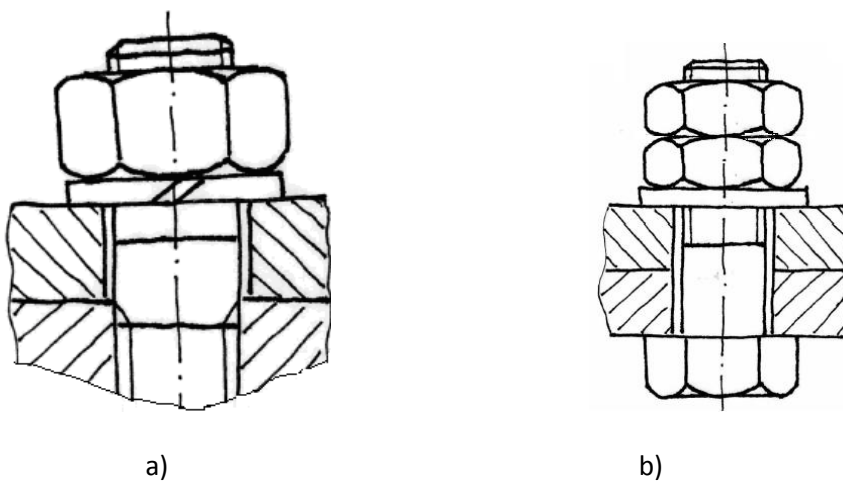
Silným utažením šroubového spoje může dojít k trvalým (plastickým) deformacím celého spoje, které během provozu mohou pokračovat (dojde k otlacení stykových ploch), a tím dojde k uvolnění spoje. K uvolnění spoje může dojít též otřesy a dynamickým namáháním spoje (např. u automobilu). Proto je v těchto případech nutno šroubový spoj pojistit.

Existují různé způsoby pojištění spoje (proti různé poruše):

- a) proti ztrátě matice (šroubu) – tvarovými pojistkami šroubů,
- b) proti uvolnění – silovými (třecími) nebo tvarovými pojistkami šroubů nebo materiálovým stykem.

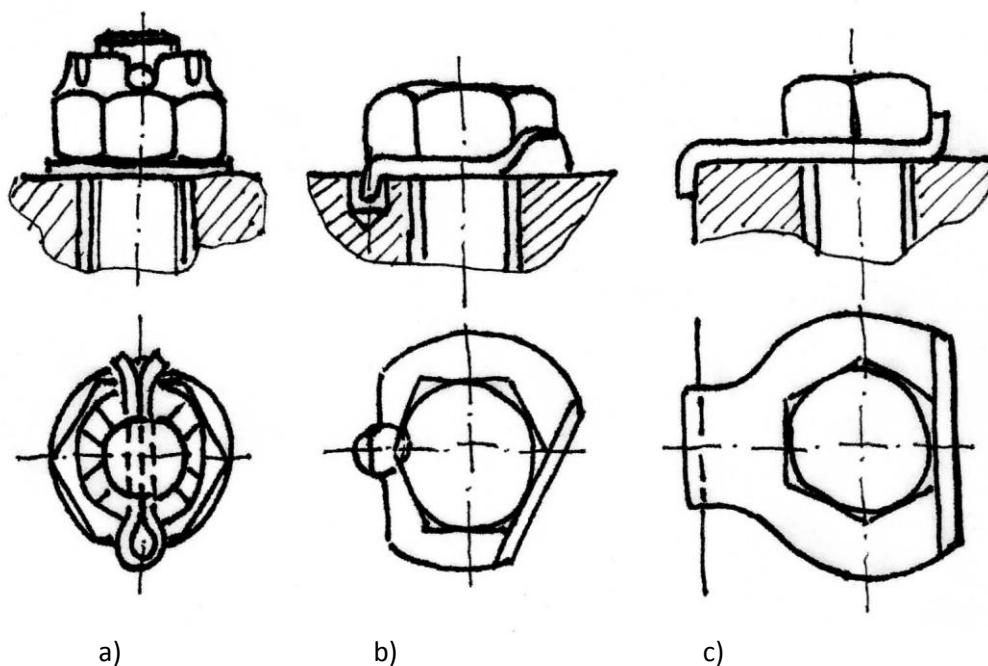
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Spoje a spojovací součásti



Obr. 9: Silové pojištění šroubového spoje

- a) pružnou podložkou
- b) přítužnou (kontra) maticí



Obr. 10: Tvarové pojištění šroubového spoje (na obrázku vždy nárýs a půdorys)

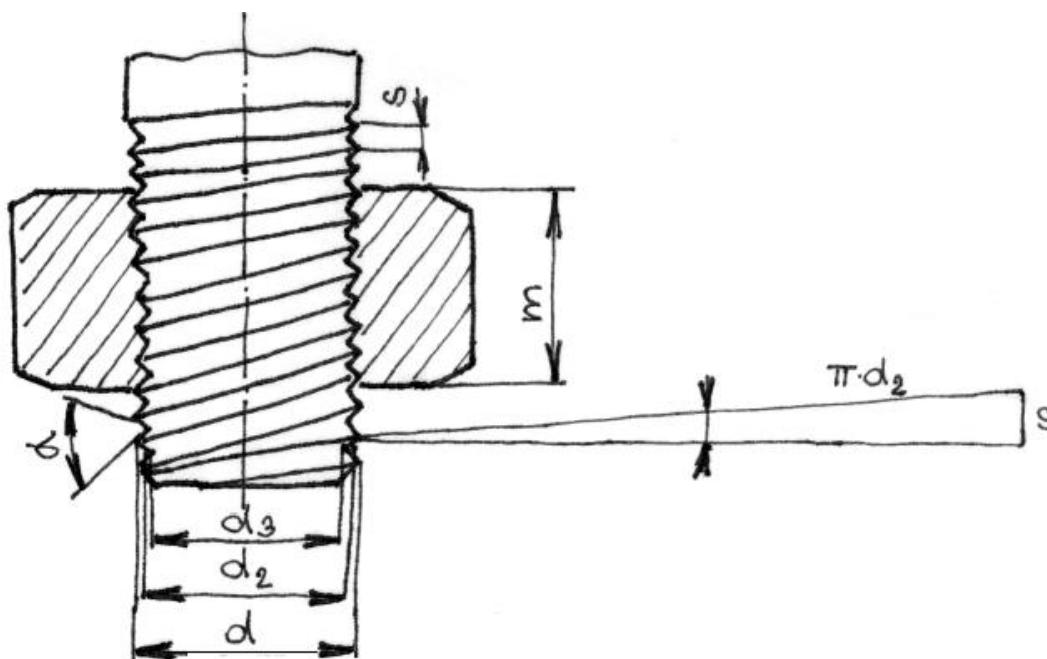
- a) závlačkou při použití korunové matice
- b) pojistnou podložkou s nosem
- c) pojistnou podložkou s jazýčkem

## Spoje a spojovací součásti

### 2.4 Závity

Závity mohou být vytvořeny na vnější válcové ploše (plášti válce) – součást nebo daná část součásti se nazývá šroub (pozor! – šroub není tedy pouze spojovací součást např. se šestihrannou hlavou dle ČSN), anebo v díře – součást nebo daná část součásti se nazývá matice.

Funkční část šroubu (spojovací součásti) tvoří závit, jehož chody jsou navinuty se stoupáním  $s$  kolem válcového jádra o průměru  $d_3$ . Závit, přesněji závitová plocha, vzniká pohybem profilu závitu, při kterém každý bod profilu opisuje šroubovici. Základní profil je společný pro vnější i vnitřní závit.



Obr. 11: Závit na šroubu

#### 2.4.1 Druhy závitů

Pro různé účely se používají různé druhy závitů, které se liší od sebe svým profilem. Většina závitů je normalizována.

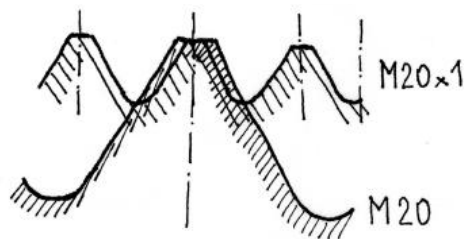
U šroubových spojů je nejčastěji používán **metrický závit ISO**, jehož profil je vytvořen rovnostranným trojúhelníkem se sraženým vrcholem a zaobleným dnem závitu.

Rozeznáváme metrické závity základní řady (ČSN 01 4012) a závity s jemným stoupáním

## Spoje a spojovací součásti

(ČSN 01 4013); ty mají menší hloubku závitů a tomu odpovídá menší stoupání. Hodí se pro krátké závity, na tenkostěnných trubkách, na zátkách a na stavěcích šroubech.

Pro normální i jemné závity jsou ve výše uvedených normách tři výběrové řady. Přednostně je třeba volit normální závit a zde má potom přednost řada I před řadou II, a ta opět před III (viz ST). To proto, aby se snížil počet výrobních nástrojů a měřidel na minimum. Obvyklý je pravý závit; levý závit se používá pouze ve zvláštních případech.



Obr. 12: Rozdíl mezi závitem základní řady a závitem jemným

**Whitworthův závit** se používá ve Velké Británii a skandinávských zemích.

U nás se používá pouze při spojování trubek, u šroubů již ne. Rozměry má v anglických palcích, stoupání se udává počtem závitů na 1“.

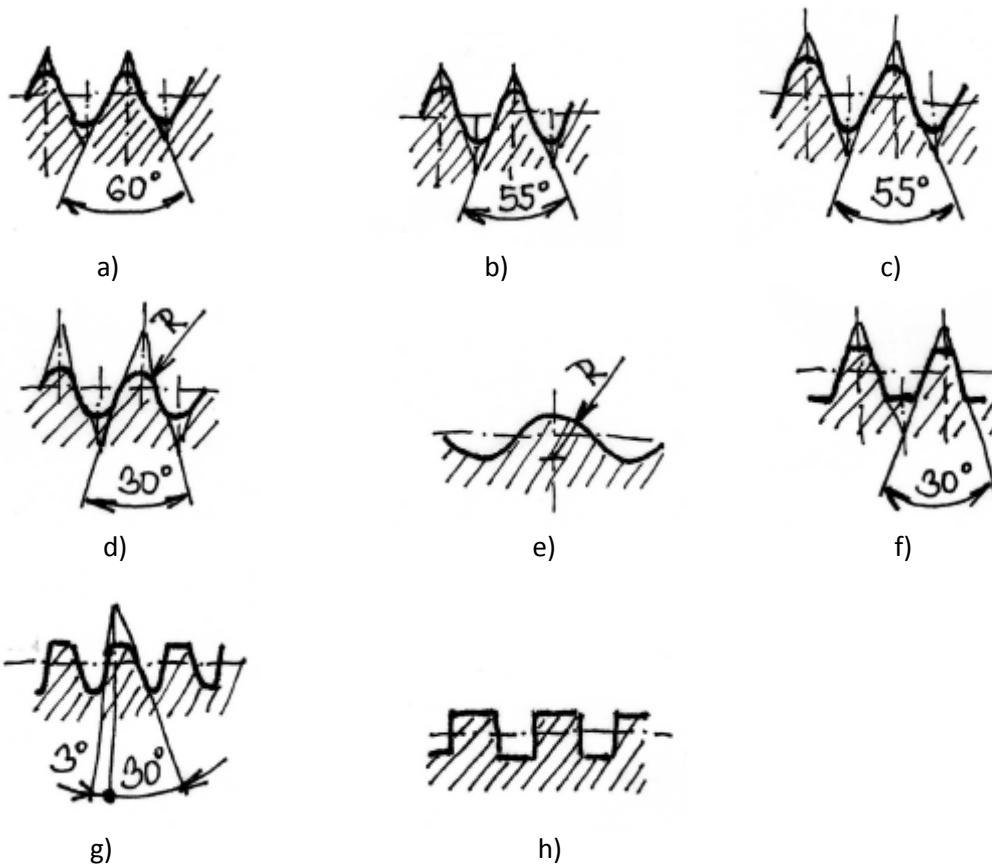
Pro trubky plynovodů, vodovodů apod. se používá **trubkový závit**. Může být buď válcový (na válcovém konci trubky), nebo kuželový (na kuželovém konci – trubky kužel 1 : 16). Míry jsou v palcích, ale jmenovitý rozměr udává světlost trubky, nikoliv velký průměr závitu.

**Oblý závit** používají spoje, které jsou vystaveny povětrnosti a musí se častěji povolovat, např. šroubení armatur, vagonových spojek apod. Má rozměry v mm, ale stoupání se udává počtem závitů na 1“.

**Edisonův závit** se používá v elektrotechnice (u žárovek). Označování závitu je odvozeno od zaokrouhlené hodnoty velkého průměru, stoupání počtem závitů na 1“.

**Lichoběžníkové závity** pohybových šroubů (jsou to již pohybové závity) bývají často vícechodé (několik šroubovic ve vzdálenosti rozteče závitu  $t$  za účelem většího stoupání a tím menšího tření). Míry jsou v mm.

## Spoje a spojovací součásti



Obr. 13: Profily jednotlivých typů závitů

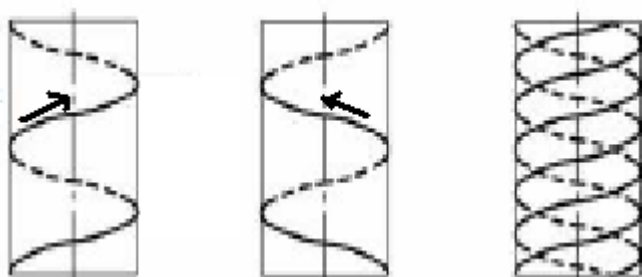
- a) metrický závit
- b) Whithworthův závit
- c) trubkový závit
- d) oblý závit
- e) Edisonův závit
- f) lichoběžníkový závit rovnoramenný
- g) lichoběžníkový závit nerovnoramenný
- h) čtvercový závit (není normalizovaný)

## Spoje a spojovací součásti

### 2.4.2 Označování závitů

Označování normalizovaných závitů na strojnických výkresech a jiné technické dokumentaci se dělá dle ČSN (Tabulka 1).

U několikachodých závitů se zapíše za značkou závitu a jmenovitým průměrem číselná hodnota stoupání a v závorce se uvede písmeno P a číselná hodnota rozteče; např. Tr d x s (P2), Tr 20 x 4(P2) znamená dvojchodý pravý lichoběžníkový závit rovnoramenný se stoupáním 4 mm a roztečí 2 mm. Levé závity se označují připsáním LH (Left Hand) za základním označením, např. M 12 x 1 LH.



Obr. 14: Smysl stoupání pravého a levého závitu a tříchodý závit

Tabulka 1

Označování jednoduchých závitů dle ČSN

Druh závitu	Označení	
	Obecně	Příklad
Metrický závit základní řady	M d	M 10
Metrický závit s jemným stoupáním	M d x s	M 10 X 1,5
Whithworthův závit	W d"	W 1/2"
Trubkový válcový závit	G Js"	G 3/4"
Trubkový kuželový závit	KG Js"	KG 3/4"
Oblý závit	RD d	RD 32
Edisonův závit	E d	E 14
Lichoběžníkový rovnoramenný závit	TR d x s	TR 48 X 8
Lichoběžníkový nerovnoramenný závit	S d x s	S 70 X 10

- d ... jmenovitý (velký) průměr závitu
- s ... stoupání (někdy s = t)
- Js ... jmenovitá světelnost trubky



## Spoje a spojovací součásti

### 2.4.3 Lícování závitů

Lícová soustava závitů je souhrn uložení s rozličnými vůlemi a přesahy.

Požadované funkce závitového spojení se dosáhne tolerováním závitů. Je tím také zaručena vyměnitelnost šroubů a matic.

Metrické závity se tolerují pro uložení:

- s vůlí (vyskytují se nejčastěji)
- přechodná (využití u zašroubovaných konců závrtných šroubů); příklad uložení 3H 6H/2m, 2H 6H/1k 6h, 4H 6H/4j
- s přesahem (před sešroubováním zajišťují vždy závitový přesah); příklad uložení 2H 5D/2r

Tolerování zahrnuje:

- tolerance průměru závitu (na šroubu velký průměr závitu  $d$  a střední průměr  $d_2$ , na matici střední průměr závitu matice  $D_2$  a malý průměr  $D_1$ )
- správné použití polohy tolerančních polí průměrů závitu
- délky zašroubování, na kterou se vztahuje tolerance závitu

### 2.4.4 Závitová uložení s vůlí

Poloha tolerančního pole závitu je stanovena pro šroub jako d, e, f, g, h; pro matici E, F, G, H.

Třídy přesnosti průměrů závitu se volí pro:

d	4; 6; 8
$d_2$	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10
$D_2$	4; 5; 6; 7; 8; 9
$D_1$	4; 5; 6; 7; 8

Tolerance středního průměru závitu  $d_2$  nebo  $D_2$  charakterizuje stupeň přesnosti závitu (zahrnuje kromě vlastní tolerance středního průměru také toleranci rozteče a vrcholového úhlu závitu), pro šroub i matici je zapsána vždy na prvním místě.

Příklad značení tolerování závitu šroubu a matice s průměrem 20 mm:

šroub M 20 - 7g 6 g

vysvětlení: 7g toleranční pole průměru  $d_2$  závitu šroubu

## Spoje a spojovací součásti

6g toleranční pole průměru  $d$  závitu šroubu

matice M 20 - 5H 6H

vysvětlení: 5H toleranční pole průměru  $D_2$  závitu matice

6H toleranční pole průměru  $D_1$  závitu matice

Shoduje-li se toleranční značka  $d$ , respektive  $D_1$ , s toleranční značkou  $d_2$ , resp.  $D_1$ , označení tolerančního pole se již neopakuje a bude

M 20 - 6h, resp. M20 - 6H

Délka zašroubování, na kterou se vztahuje tolerance závitu, musí být dle normy délky L, S nebo N; pokud je jiná, je nutné ji předepsat.

Příklad: M 20 – 7g 6g - 25

Vysvětlení: 25 je délka zašroubování

Závitové uložení se předepisuje spojením tolerančních značek pro závit matice a šroubu s oddělením šikmou čarou.

Příklad: M 20 – 6H/6g

M 20 x 1 – 6H/6g

M 20 x 1 LH – 6H/6g

### 2.5 Materiály šroubů a matic

Normalizované šrouby a matice se vyrábějí nejčastěji z konstrukčních, ušlechtilých a nízkolegovaných ocelí a materiál se udává značkou na hlavě šroubu nebo čele matice.

Značka materiálu šroubů je dána dvojicí čísel oddělených tečkou. První číslo udává 1/100 meze pevnosti materiálu v MPa, druhé číslo udává 10násobek meze kluzu a meze pevnosti v MPa.

Je možné se setkat i se šrouby, na kterých je materiál značen číslicí a písmenem (Tabulka 2 udává nové i staré značení materiálů a jejich mechanické vlastnosti).

Mechanické vlastnosti matic se značí jedním číslem, které odpovídá 1/100 zkušebnímu napětí  $\sigma_L$  (MPa). Toto zkušební napětí odpovídá mezi pevnosti šroubu, se kterým matice tvoří dvojici.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Spoje a spojovací součásti

TABULKA 2

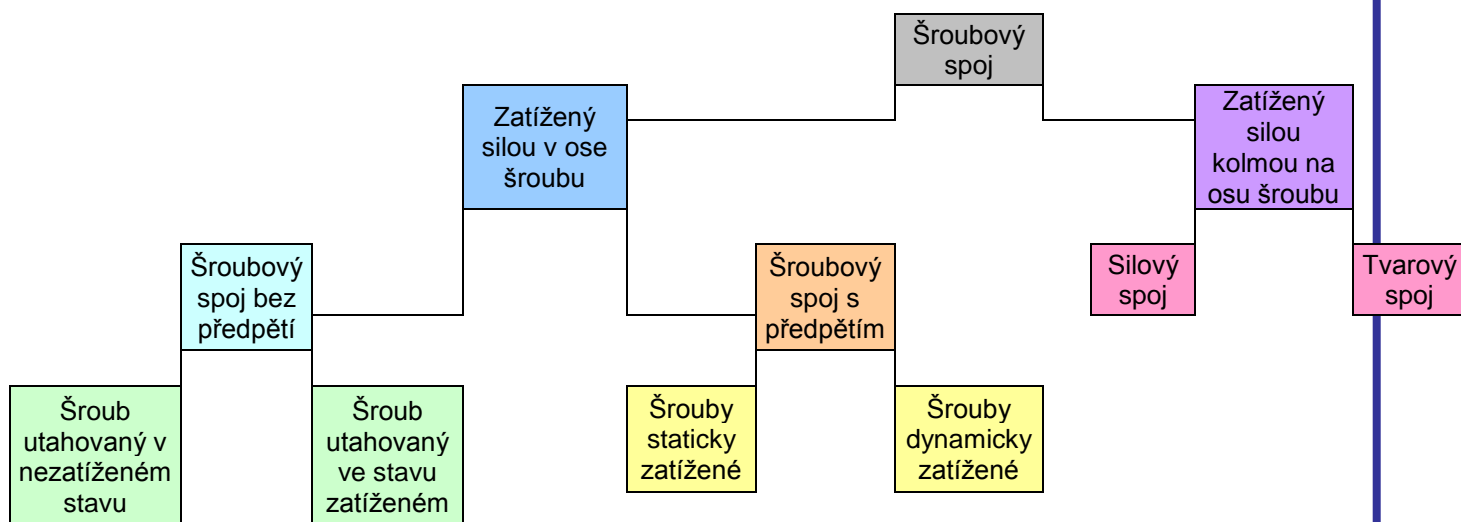
Označení	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
Dřívější označení	4A	4D; 4P	4S	5D	5S	6D	6S	6G	8G	10K	12K	-
Mez pevnosti $R_m$ (MPa)	340	400	400	500	500	500	600	600	800	1000	1200	1400
Mez kluzu $R_e$ (MPa)	200	240	320	300	400	360	480	540	640	900	1080	1260
Značka matice	4		5		6			8	10	12	14	
Zkušební napětí $\sigma_L$ (MPa)	400		500		600			800	1000	1200	1400	

#### 2.6 Způsoby zatížení šroubových spojů

Šroubové spoje rozdělujeme podle směru zátěžné síly, podle předpětí, které utažením spoje může vzniknout a podle podmínek při utahování šroubu.

Tabulka 3

Rozdělení šroubových spojů podle způsobu zatížení

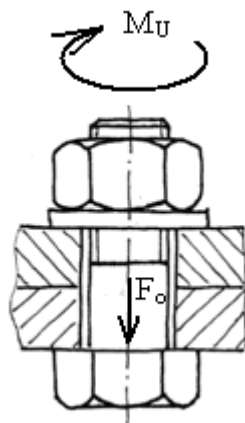


## Spoje a spojovací součásti

Příklady použití jednotlivých typů šroubového spoje podle zatížení v praxi.

Typ spoje:

- a) Šroubový spoj zatížený v ose šroubu **bez předpětí dotahovaný v nezatíženém stavu** – hák v kladnici (dřík háku je na příčnicku dotahován maticí bez zavěšeného břemene, matice není vůči příčnicku na háku dotažena „napevno“).
- b) Šroubový spoj zatížený v ose šroubu **bez předpětí dotahovaný v zatíženém stavu** – montážní stahovák, plotový napínák (napínák je nejprve dotahován v nezatíženém stavu, po napnutí drátu a jeho dalším napínání se děje dotahování již ve stavu zatíženém).
- c) **Šroubový spoj s předpětím** – každý šroubový spoj, u kterého je matice „dotažena“ daným utahovacím (krouticím) momentem; ve šroubu od dotažení vzniklo předpětí (osová tahová síla); šrouby mohou být zatěžovány klidnou vnější silou (staticky), nebo silou proměnnou (střídavou nebo mívivou); z hlediska směru působení může být šroub zatížený v ose nebo kolmo na osu šroubu.
- d) **Šroubový spoj se silovým stykem** – šroub je v díře ve spojovaných součástech s „velkou vůlí“ (řádově mm), spojení součástí se uskutečňuje třením mezi sevřenými součástmi, které je vyvoláno sevřením osovou silou ve šroubu od jeho dotažení.
- e) **Šroubový spoj s tvarovým stykem** – spojení součástí se uskuteční „lícovaným“ šroubem v „přesné díře“ s uložením s „malou vůlí“; současně ale dochází i k sevření spojovaných desek.

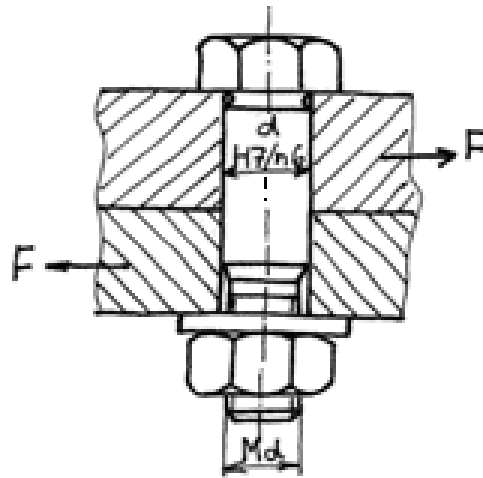


Obr. 14: Předepjatý šroubový spoj

$M_u$  – utahovací moment

$F_o$  – vzniklá osová síla ve šroubu od dotažení

## Spoje a spojovací součásti



Obr. 15: Předepjatý šroubový spoj tvarovým stykem pomocí lícované šroubu

$Md$  – velikost šroubu daná průměrem

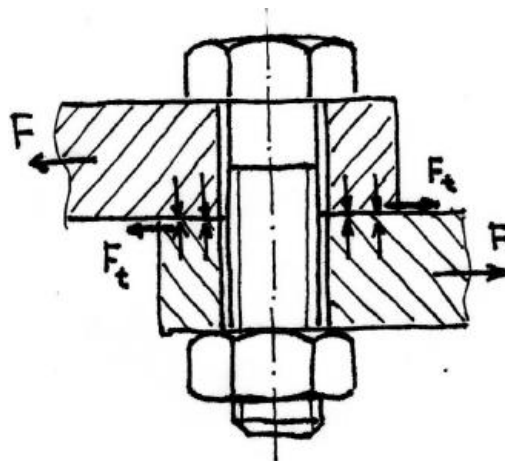
$d$  – průměr lícované části šroubů ( $d > Md$ )

H7/n6 – vzájemné lícování díry v deskách a šroubu

H7 – tolerování díry pro šroub

n6 – tolerování části dříku šroubu

$F$  – vnější zátěžná síla kolmá na osu šroubu



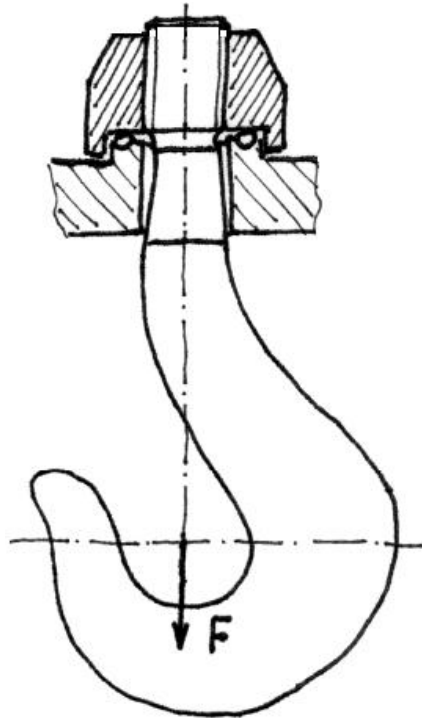
Obr. 16: Předepjatý šroubový spoj silovým stykem

$F_t$  – třecí síla mezi deskami vzniklá od sevření dotažením matice

$F$  – vnější zátěžná síla, podmínka funkčnosti spoje je  $F_t > F$

## Spoje a spojovací součásti

Nepředeptaté šrouby zatížené osovou silou, utahované v nezatíženém stavu



Obr. 17: Nepředeptatý šroubový spoj (hák kladnice příčnicku)

1 – dřík háku se šroubem

2 – příčnick

3 – matice

4 – ložisko pod maticí

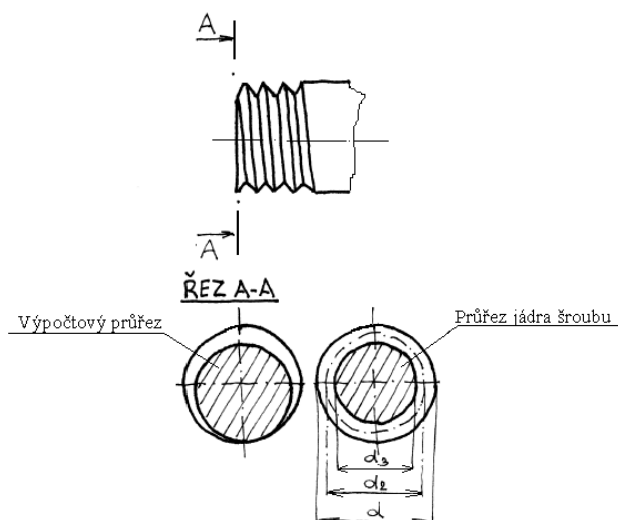
$M_d$  – průměr šroubu háku

$F$  – zátěžná síla

## Spoje a spojovací součásti

### 2.7 Průřezové parametry závitu šroubu

Jako nebezpečný průřez se do pevnostního výpočtu dosazuje tzv. výpočtový průřez šroubu  $S_v$  ( $\text{mm}^2$ ) - viz ST, nebo průřez jádra šroubu  $S_j$  ( $\text{mm}^2$ ).



Obr. 18: Průřezové parametry závitu šroubu

$d$  – velký průměr závitu

$d_2$  – střední průměr závitu

$d_3$  – malý průměr závitu

Výpočtový průřez šroubu, dán ČSN, značeno  $S_v$  nebo  $A_s$  ( $\text{mm}_2$ )

Průřez jádra šroubu  $S_j$  ( $\text{mm}^2$ )

$$S_j = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}$$

### 3 Kolíkové spoje

Je to nejjednodušší a nejstarší způsob spojení - spojení se uskutečňuje tvarovým stykem.

Kolík je v jedné nebo více spojovaných součástech usazen s předpětím. To je způsobeno:

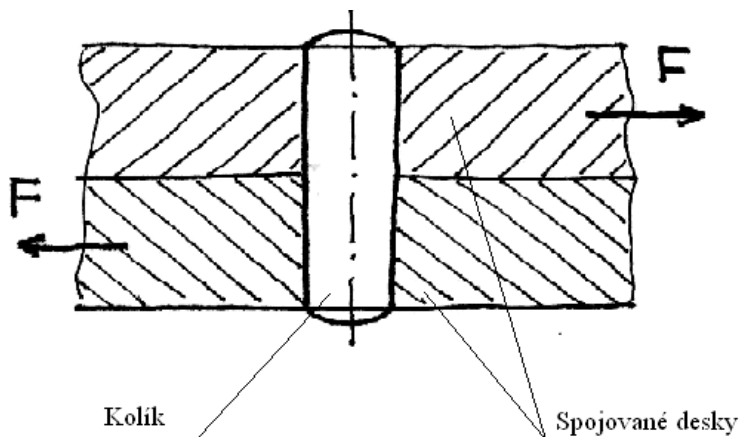
- přesahem naráženého kolíku v díře
- kuželovitostí zaraženého kolíku
- deformací kolíku

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Spoje a spojovací součásti

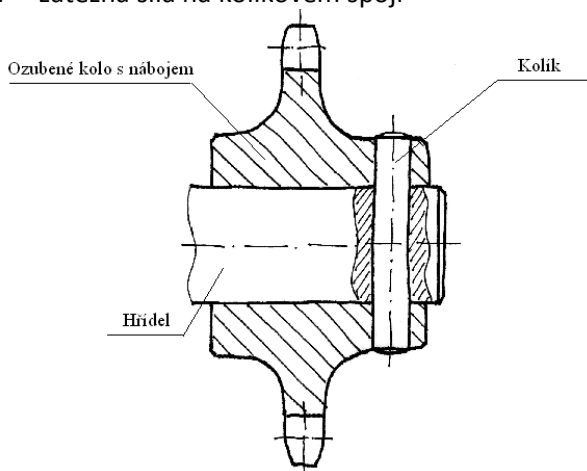
Vlastnosti kolíkových spojů:

- jednoduchý a levný způsob spojení
- umožňují pevné, nepohyblivé spojení součástí
- lze je považovat za rozebíratelné, i když častěji montáž a demontáž snižuje jejich spolehlivost
- lze spojovat i rotační součásti (hřídel a náboj)
- využití k centrování dvou součástí
- využití jako pojistné spojení (při nárůstu zatížení dojde k poruše kolíku, ne součástí)
- většina kolíků je normalizována



Obr. 19: Konstrukce kolíkového spoje

F – zátěžná síla na kolíkovém spoji



Obr. 20: Spojení hřídele s ozubeným kolem pojistným kolíkem

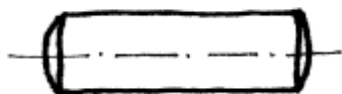


## Spoje a spojovací součásti

### 3.1 Rozdělení kolíků

Kolíky mají různý tvar a jsou většinou normalizovány, kolíky lze podobně jako např. šrouby nakoupit – toto zlevňuje výrobu a použití kolíků.

#### a) Válcový kolík

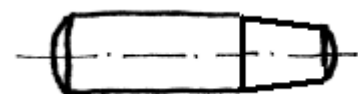


Materiál: 11 107, 11 600

Kolík spojovací, dosedací a pojistný

Pro použití je nutné pro kolík díru vystružit

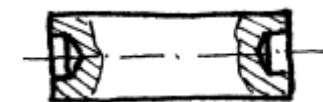
#### b) Válcový kolík se sražením



Kolík spojovací, pojistný a vodící

Pro použití je nutné pro kolík díru vystružit

#### c) Válcový kolík k roznýtování

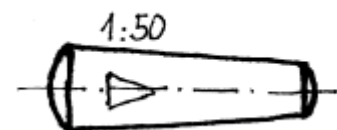


Materiál: 11 423

Díru není nutné vystružovat

Předpětí vzniká trvalou deformací konců kolíku

#### d) Kuželový kolík

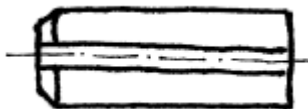


Materiál: 11 107, 11 600

Kolík spojovací a pojistný, pro použití je nutné pro kolík díru kuželově vystružit

## Spoje a spojovací součásti

e) Pružný kolík



Materiál: 11 700.20

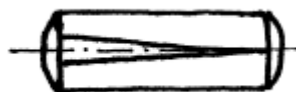
Kolík spojovací, dosedací a pojistný

Díru není nutné vystružovat

Předpětí vzniká pružnou deformací kolíku

Úspora materiálu

f) Rýhované kolíky



Materiál: 11 107

Kolík spojovací a pojišťovací

Díru není nutné vystružovat

Předpětí vzniká trvalou deformací rýh na válcové části kolíku

g) Rýhované hřebce



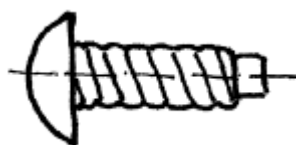
Materiál: 11 343

Upevňovací hřeb

Díru není nutné vystružovat

Předpětí vzniká trvalou deformací rýh na válcové části kolíku

g) Šroubové hřebce



## Spoje a spojovací součásti

Materiál: 11 343.40

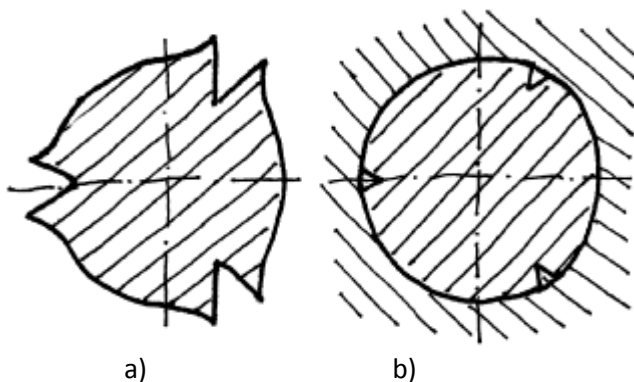
Upevňovací hřeb

Díru není nutné vystružovat

Předpětí vzniká trvalou deformací kolíku

Obr. 21: Typy kolíků a jejich základní charakteristika

Rýhovaný kolík je válcový kolík, který má po obvodě válcovány 3 rýhy. Válcováním vzniknou na obou stranách rýh výstupky, které se při zarážení kolíku zatlačí zpět do rýhy a kolík je pružně předepjat velkým tlakem proti stěnám otvoru.



Obr. 22: Rýhovaný kolík

a) před montáží

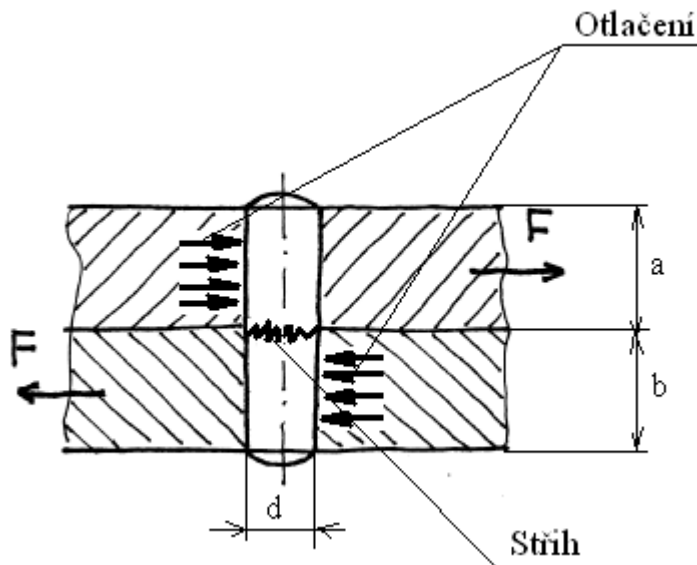
b) po montáži do díry

## Spoje a spojovací součásti

### 3.2 Namáhání a výpočet kolíkového spoje

Kolík je namáhán stříhem a otláčením na boku kolíku.

#### 3.2.1 Příčný kolík



Obr. 23: Namáhání příčného kolíku

Střih kolíku

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \tau_{DS}$$

$F$  – zátěžná, střižná síla

$\tau_{DS}$  – dovolené napětí materiálu kolíku ve stříhu

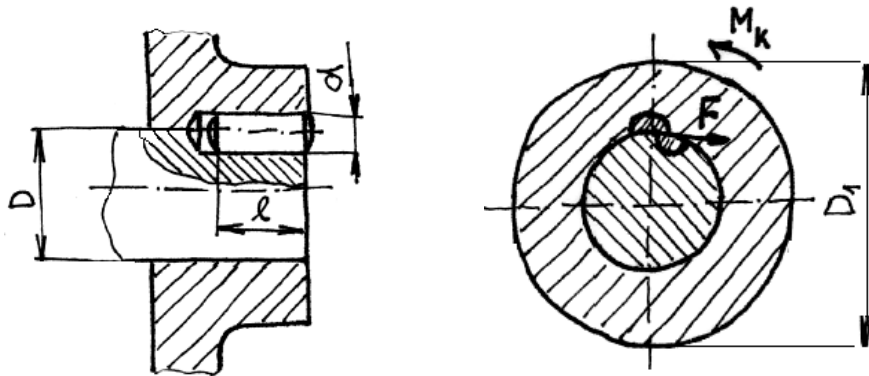
Otláčení kolíku

$$p_a = \frac{F}{d \cdot a} \leq p_D \quad p_b = \frac{F}{d \cdot b} \leq p_D$$

$p_D$  – dovolený tlak mezi kolíkem a deskou

## Spoje a spojovací součásti

### 3.2.2 Podélný (spárový) kolík



Obr. 24: Namáhání podélného kolíku

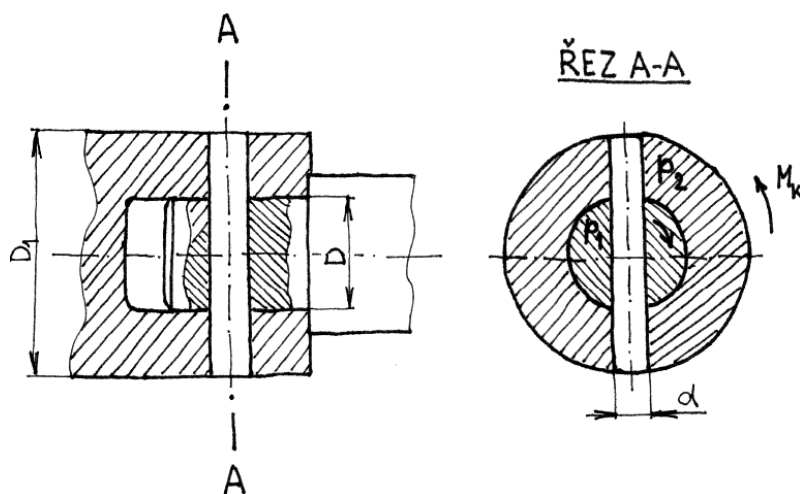
Střih kolíku

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F}{d \cdot l} \leq \tau_{DS}$$

Otlačení kolíku v hřídeli i náboji

$$p_a = \frac{F}{\frac{d \cdot a}{2}} \leq p_D$$

### 3.2.3 Radiální kolík



Obr. 25: Namáhání radiálního kolíku

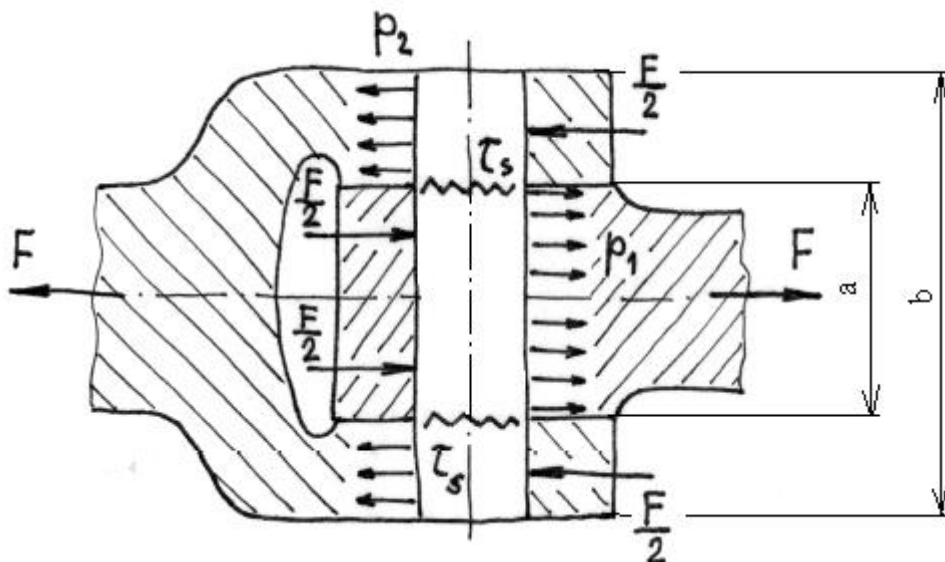
## Spoje a spojovací součásti

Střih kolíku

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \tau_{DS}$$

Kolík je také namáhán otláčením v hřídeli a otláčením v náboji (výpočtové vztahy neuváděny).

### 3.2.4 Příčný kolík v táhle a objímce



Obr. 26: Namáhání kolíku v táhle a objímce

Střih kolíku

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \tau_{DS}$$

Otláčení  $p_1$  kolíku v táhle

$$p_1 = \frac{F}{d \cdot a} \leq p_D$$

Otláčení  $p_2$  kolíku v objímce

$$p_2 = \frac{F}{d \cdot (b - a)} \leq p_D$$

## Spoje a spojovací součásti

### 4 Čepové spoje

Jsou rozebíratelné spoje.

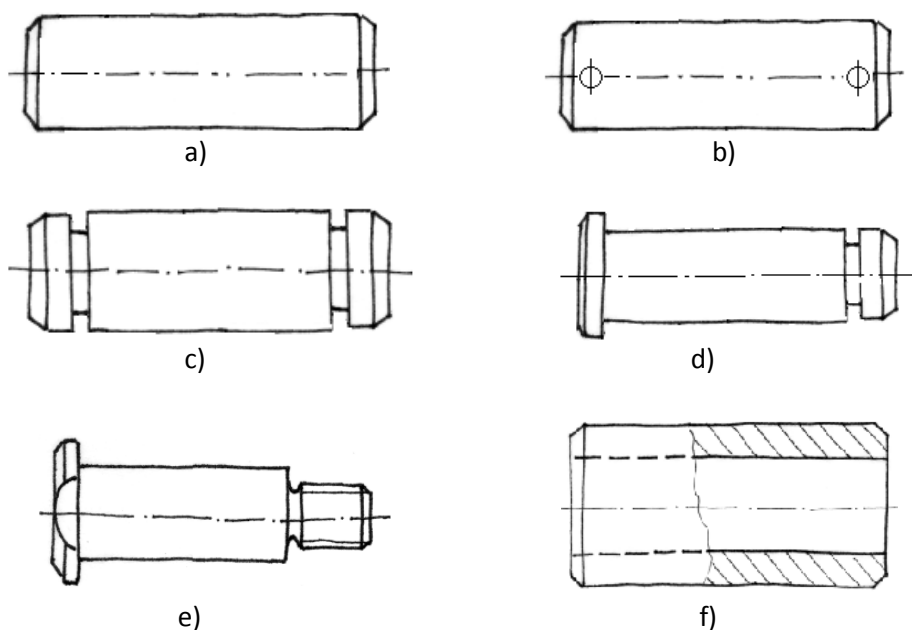
Čepy jsou vlastně tlustší válcové kolíky, které jsou uloženy v součástech s vůlí a vytvářejí kloubové spoje, např. táhel a vidlic. Mohou však i nahrazovat krátké nosné hřídele pojezdových kol, kladek apod. Při vzájemném pohybu nutné mazání.

#### 4.1 Druhy čepů

Většina čepů je normalizována.

Čepy se vyrábějí z tažených tyčí z automatové oceli 11 500 nebo 11 600. Čepy zvláště namáhané s velkým opotřebením se vyrábějí z ocelí 12 020, 14 220 a jsou cementovány a kaleny.

Obvyklé uložení čepů bývá přednostně D11/h11, D9/h8, H8/f8, možné je i B11/h11, A11/h11.



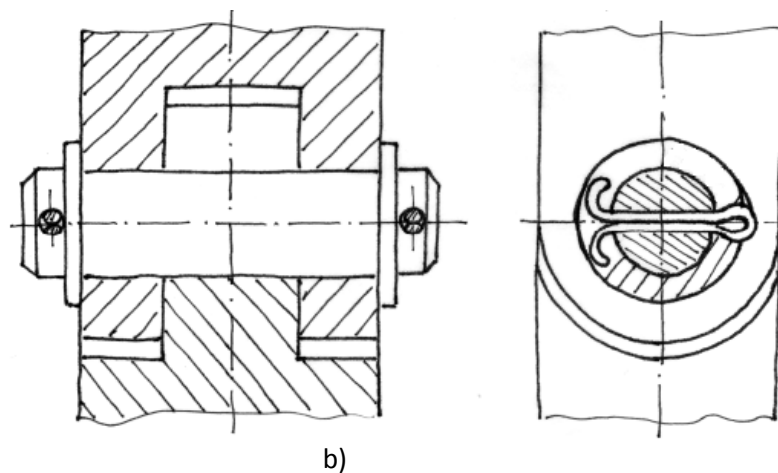
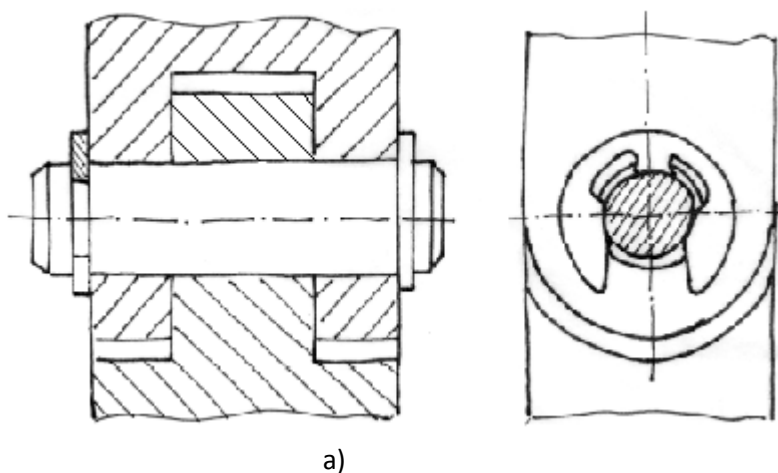
Obr. 27: Druhy čepů

- a) hladký čep
- b) hladký čep s otvory pro závlačky
- c) hladký čep s drážkami pro pojistný kroužek
- d) čep s hlavou s drážkou pro pojistný kroužek (může být i s otvorem)
- e) čep s hlavou se závitovým koncem
- f) nenormalizovaný dutý čep

## Spoje a spojovací součásti

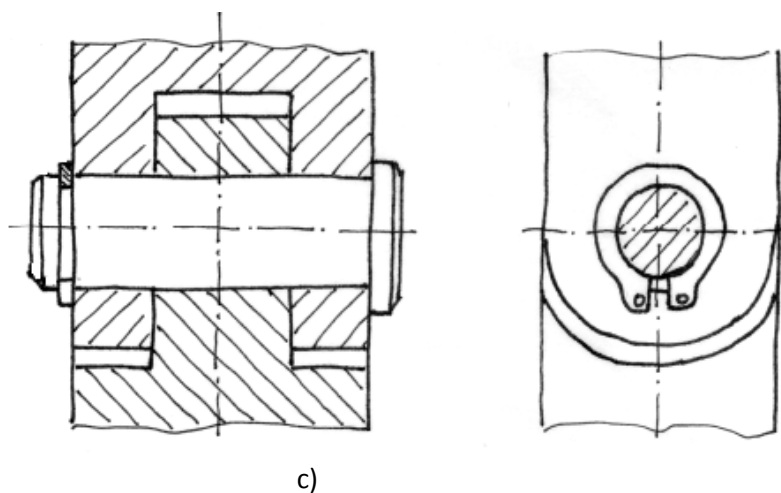
### 4.2 Zajištění čepů a konstrukce čepových spojů

Čepy se proti podélnému posunutí zajišťují závlačkami, pojistnými třmenovými kroužky, pojistnými kroužky (Seegerovými pojistkami), drátěnými pojistkami, maticí na závitovém konci čepu a stavěcími kroužky se závlačkou nebo kuželovým kolíkem.



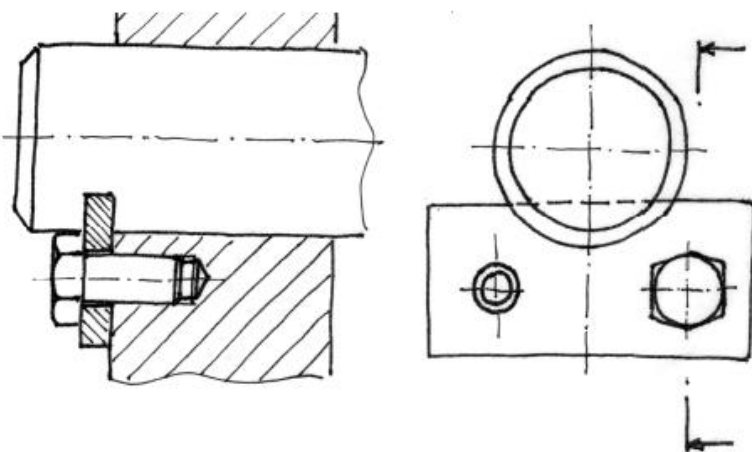


## Spoje a spojovací součásti



Obr. 28: Příklady osového zajištění čepů

- a) pojistným třmenovým kroužkem
- b) závlačkami
- c) hlavou a pojistným kroužkem (Seegerovým kroužkem)

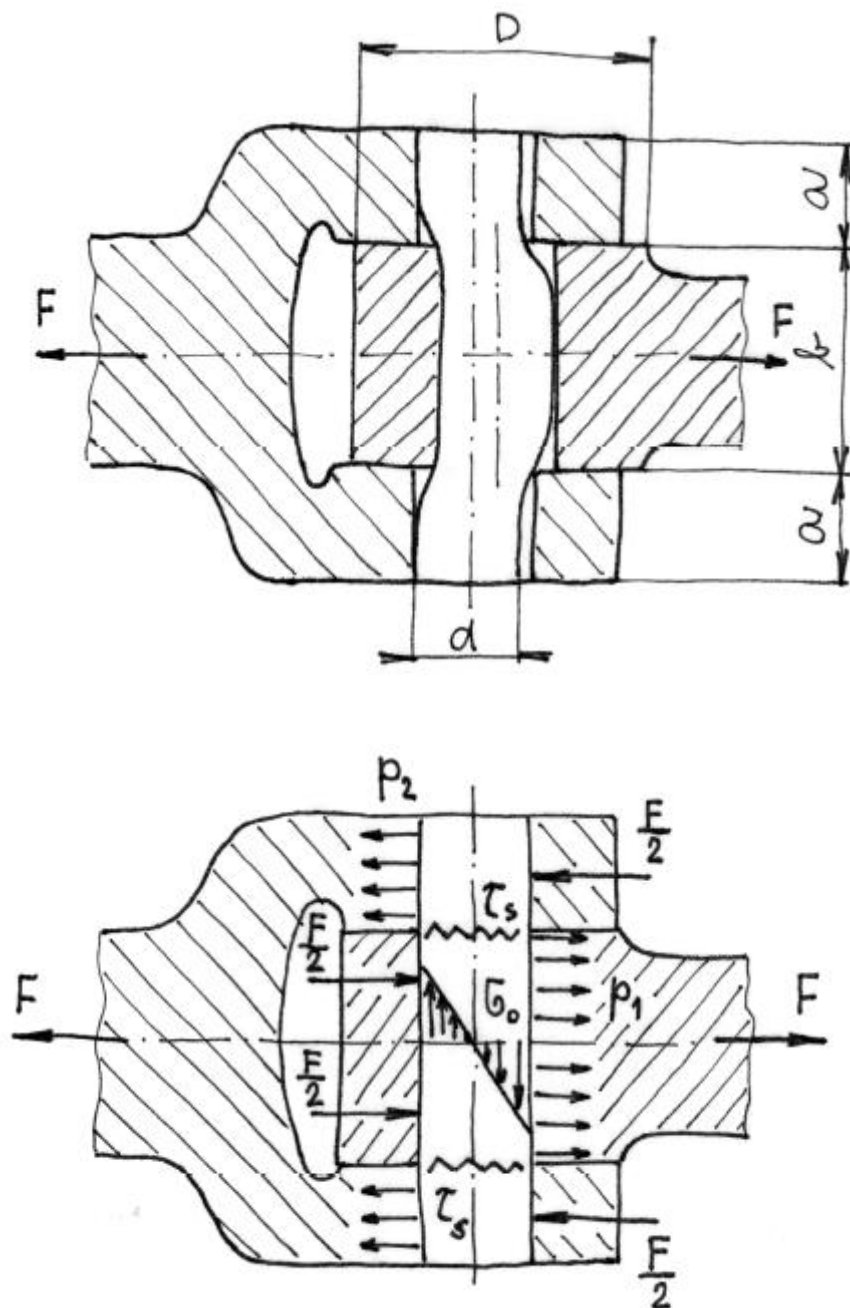


Obr. 29: Příklad zajištění čepu proti potočení pomocí přídržky

## Spoje a spojovací součásti

### 4.3 Namáhání a výpočet čepů

Čepy jsou namáhány podobně jako kolíky stříhem a otláčením, v rámci vůle i ohybem



Obr. 30: Namáhání čepového spoje stříhem, otláčením a ohybem

## Spoje a spojovací součásti

Ohyb čepu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \left(\frac{b}{2} + \frac{a}{4}\right)}{0,1 \cdot d^3} \leq \sigma_{oD}$$

Střih čepu

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \tau_{DS}$$

Tlak v táhle

$$p_1 = \frac{F}{d \cdot b} \leq p_D$$

Tlak ve vidlici

$$p_1 = \frac{F}{d \cdot 2a} \leq p_D$$

### 5 Nýtové spoje

Nýtový spoj je nerozebíratelný. Vzniká deformací konce jedné ze spojovaných součástí vložené do díry v druhé součásti nebo deformací konce nýtu, který je vložený do průchozí díry ve spojovaných součástech. Nýtové spoje bývají dnes v mnoha případech nahrazovány spoji svarovými.

#### 5.1 Vlastnosti nýtového spoje

Výhody nýtových spojů:

- spolehlivost, snadná kontrolovatelnost spoje
- nýtové spoje jsou pružnější než svarové
- při nýtování nedochází k deformacím spojovaných materiálů místním nahromaděním tepla jako u svařování
- nýtováním nedochází ke zvlnění okrajů tenkých plechů jako při svařování.

## Spoje a spojovací součásti

Nevýhody nýtových spojů:

- rozebírání nýtového spoje je možné jen porušením nýtů nebo spojených součástí
- nýtované spoje nezaručují přesnou vzájemnou polohu spojovaných součástí
- ve spojovaných materiálech je třeba udělat pro nýty otvory; prostřihované díry mohou být zdrojem trhlin, vrtané díry jsou přesnější, hladší, ale dražší
- spojované materiály jsou nýtovými dírami zeslabeny
- nýtový spoj není nepropustný
- je-li materiál nýtů a spojovaných součástí různý, mohou se nýty při zahřátí spoje uvolnit; ve styku s horkými kapalinami mohou různé materiály vyvolat galvanické proudy, způsobující korozi
- nýtový spoj je těžší (15 až 20 %)
- je potřeba více přípravných prací pro nýtování než svařování
- technologie nýtování je dnes složitější než svařování

### 5.2 Provedení nýtových spojů

Podle způsobu zhotovení:

- ručně (pro menší průměry nýtů)
- strojně

Podle stavu nýtu při nýtování:

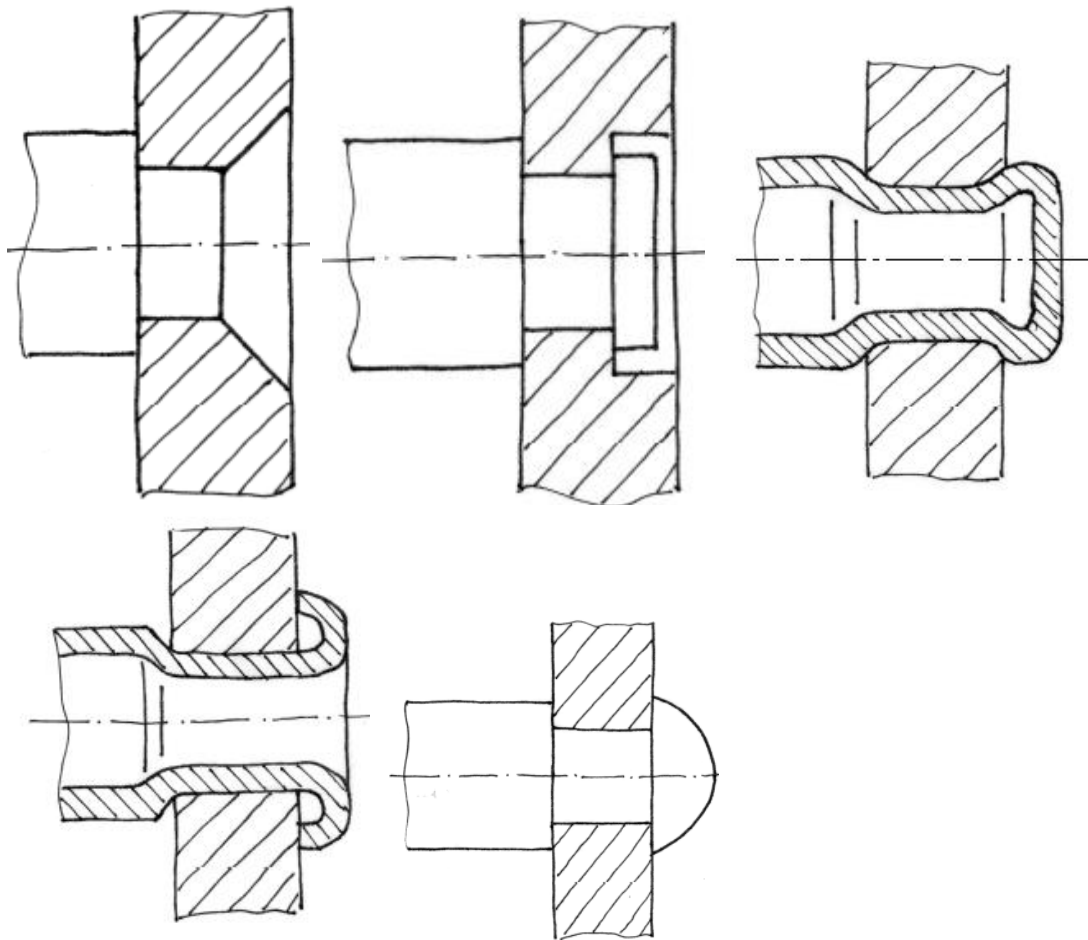
- za tepla (po snýtování se nýt smrští a vlivem vzniklých normálových sil se spojované desky stlačí k sobě, třecí síly mezi deskami brání vzájemnému posuvu – silový nýtový spoj)
- za studena (jde o spoj s tvarovým stykem; spoj s tvarovým stykem uvažujeme i v případě, že síla přenášená spojením přesáhne odpor tření mezi spojovanými plechy).

Pro zamezení nechtěného ohybu nýtu musí být díra v deskách vždy dokonale vyplněna nýtem.

Podle konstrukce nýtového spoje:

- přímé nýtování – roznýtovává se přímo jedna ze spojovaných součástí (např. u kovových žebříků)
- nepřímé nýtování – ke zhotovení spoje se využívá a roznýtovává nýt

## Spoje a spojovací součásti



Obr. 31: Příklady přímého nýtování

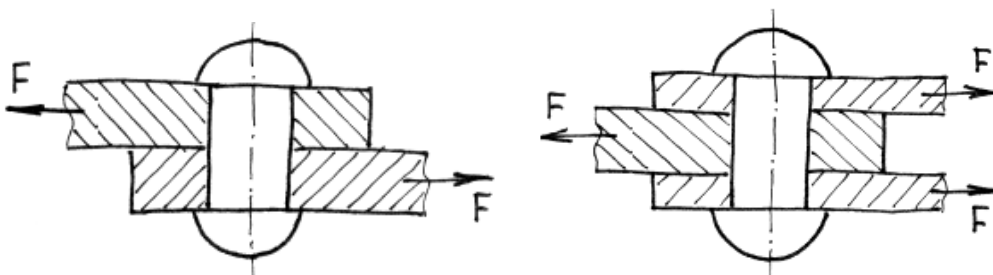
Podle zatížení:

- nýty nosné (silové), které přenášejí síly z jedné součásti na druhou
- nýty spínací (spojovací), které pouze spojují a nepřenášejí síly

Podle počtu nebezpečných průřezů:

- jednostřížné
- dvojstřížné

## Spoje a spojovací součásti

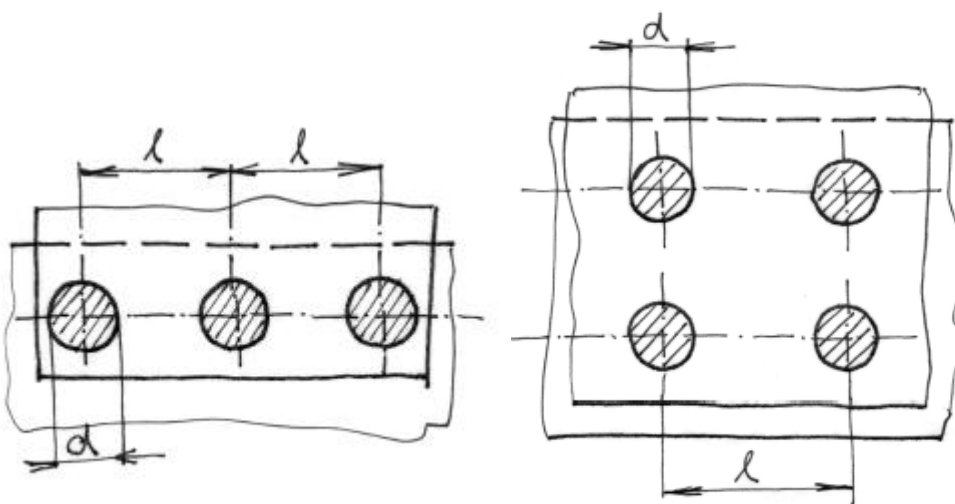


Obr. 32: Jednostřížný a dvojstřížný nýtový spoj

Zpravidla používáme dvojstřížné nýty. Spoj s jednostřížnými nýty je při přenášení tahu nebo tlaku namáhán též nepříznivě ohybem. Nýty mají být zatíženy vždy jen silou působící kolmo na jejich osu.

Podle počtu nýtových řad:

- s jednou řadou
- s dvěma řadami



Obr. 33: Nýtování podle řad

### 5.3 Použití nýtových spojů

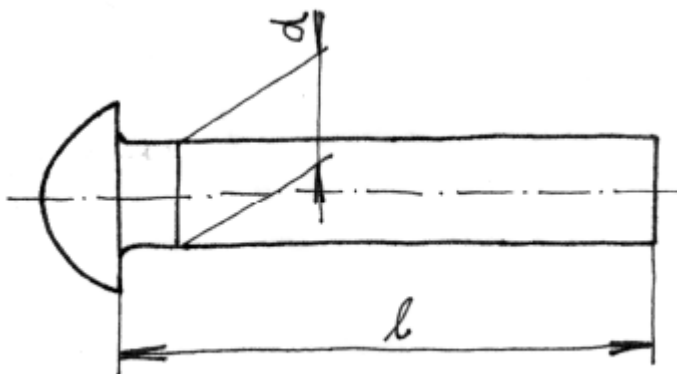
Konstrukční nýtování (přenáší síly, ale nemusí těsnit) bylo používáno u ocelových konstrukcí, např. u mostů, střech, jeřábových nosníků, stojanů, sloupů elektrického napětí, Eiffelova věž, v současnosti stále pro rámy nákladních vozidel, stavba letadel.

Při stavbě lodi (Titanik) a kotlů byla nutnost těsnosti spoje.

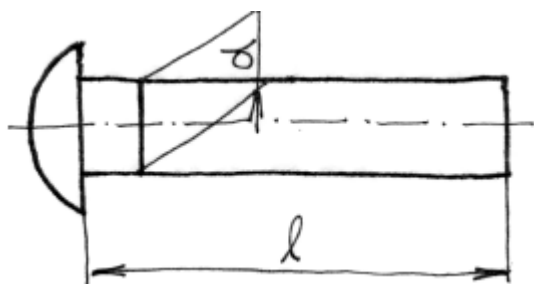
## Spoje a spojovací součásti

### 5.4 Typy nýtů

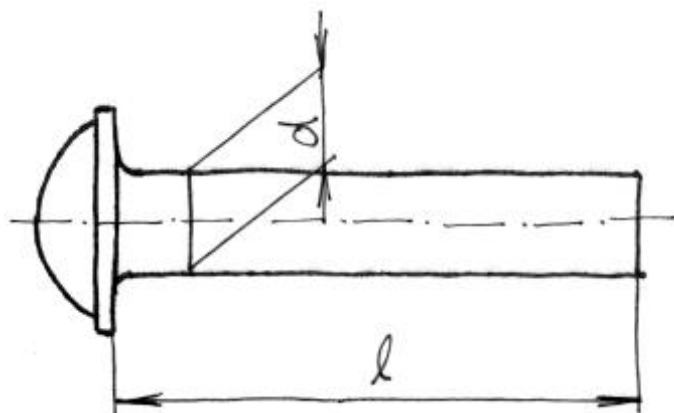
Nýt je normalizovaná součást, skládající se z hlavy a dřívku, daná průměrem a délkou dřívku. Materiály nýtů jsou oceli (10 451, 11 300, 11 320, 11 341, 11 342, 11 371), slitiny hliníku, slitiny mědi.



Obr. 34: Normalizovaný nýt



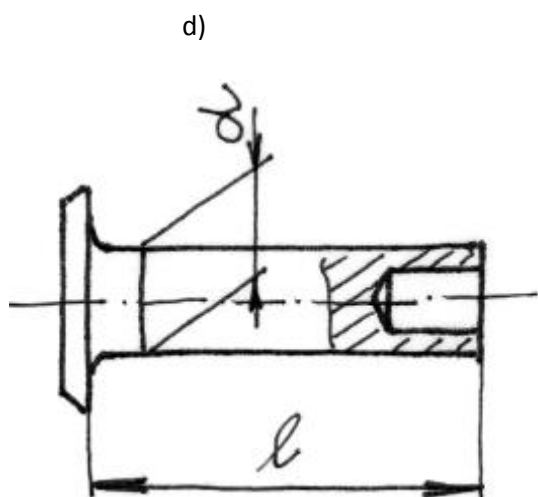
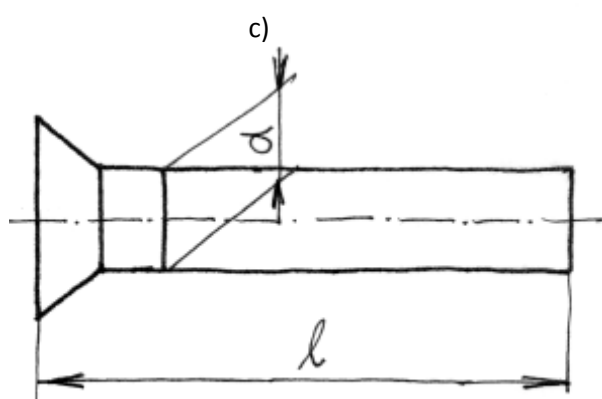
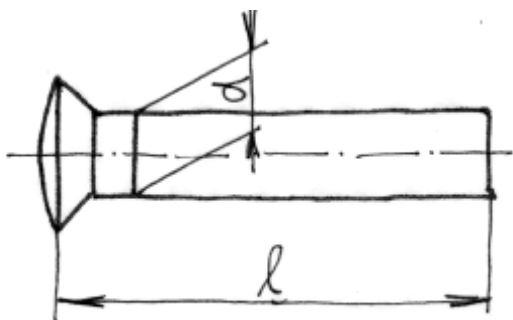
a)



b)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

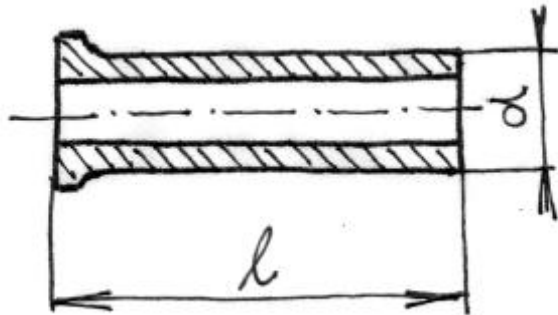
Spoje a spojovací součásti



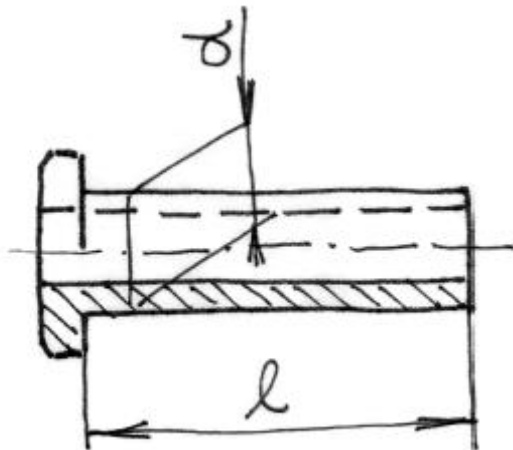
e)



## Spoje a spojovací součásti



f)



g)

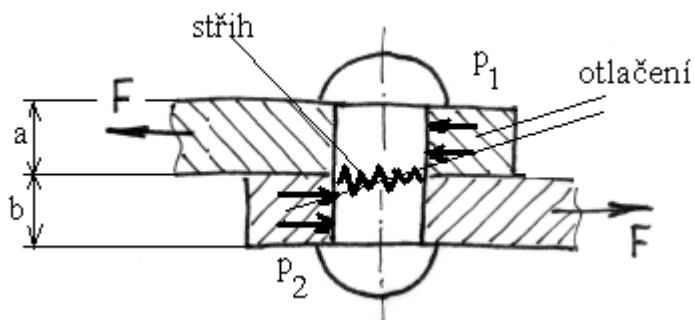
Obr. 35: Některé typy nýtů

- a) konstrukční nýt
- b) kotlový nýt
- c) zápustný nýt s čočkovitou hlavou
- d) zápustný nýt s kuželovou hlavou
- e) navrtaný nýt s plochou hlavou
- f) trubkový nýt
- g) trubkový nýt s lisovanou hlavou

## Spoje a spojovací součásti

### 5.5 Zatížení a výpočet nýtového spoje

Nýtové spoje jsou podle výroby a účinku spoje buď silové, nebo tvarové. První případ nastává u nýtů zpracovávaných za tepla; smrštěním po ochlazení vzniknou normálové síly, které stlačí spojované plechy tak, že se vytvoří dostatečný odpor proti posunutí plechů. Potom je nýtový spoj namáhán na smyk v tolika průřezech, v kolika snýtovaných plochách se součásti stýkají, a na otláčení na boku nýtu. Počet nýtů spoje, který přenáší sílu kolmo na osu nýtu, se určí z podmínky, aby odpor tření byl bezpečně větší než síla, kterou má spoj přenášet.



Obr. 36: Namáhání nýtového spoje

Střih nýtu

$$\tau_s = \frac{F}{i \cdot n \cdot S} = \frac{F}{i \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \tau_{DS} \quad i \dots \text{počet střižných rovin}$$

n ... počet nýtů

Otláčení na nýtu

$$p_1 = \frac{F}{n \cdot d \cdot a} \leq p_D$$

$$p_2 = \frac{F}{n \cdot d \cdot b} \leq p_D$$

## Spoje a spojovací součásti

### 6 Svarové spoje

V dnešní době má svařování ve strojírenském průmyslu největší význam. Je to nerozebíratelný spoj materiálovým stykem. Svařování je spojování kovových (nejčastěji ocelových) součástí, ale i součástí z plastů a hliníkových slitin, v nerozebíratelný celek působením tepla nebo i tlaku a většinou s použitím přídavného materiálu stejného nebo podobného složení a mechanických vlastností jako má spojovaný materiál. Při svařování se spojuje základní a přídavný materiál v tekutém nebo těstovitém stavu. Výchozím polotovarem pro svařované součásti je především válcovaný materiál, tj. plechy, desky, profily, méně často odlitky.

Svařování se používá při výrobě nových strojů a konstrukcí i při opravách.

#### 6.1 Vlastnosti svarových spojů

##### Výhody

- menší hmotnost svařovaných konstrukcí proti nýtovaným či litým (úspora materiálu)
- svarky jsou při malém počtu kusů levnější než odlitky vyžadující model než odlitky vyžadující model nebo výkovky nebo výlisky
- nádoby svařované z plechu mají proti nýtovaným hladký povrch a jsou dokonale těsné
- svařovat lze automaty, což zvyšuje produktivitu práce
- svařování lze snadno použít i při montážích mimo výrobní závod
- v porovnání s nýtováním je svařování bezhlučné
- mez únavy samotného svarového kovu je u kvalitních elektrod vyšší než u základního materiálu stejné pevnosti
- dobrá je i svařitelnost některých ocelí na odlitky, dále hliníku a většiny jeho slitin i některých plastů
- možnost zkoušení provedených svarů bez porušení materiálu; vady lze dodatečně opravit

##### Nevýhody

- použití oceli pro svařované části je podmíněno její svařitelností, klesající s vyšším obsahem uhlíku
- často je nutná úprava stykových ploch před svařováním
- svarový spoj je tuhý a nepoddajný

## Spoje a spojovací součásti

- vznik pnutí a deformací vlivem nestejnomyerného zahřátí při svařování
- vyšší nároky na kvalifikaci dělníků, některé předpisy vyžadují pravidelné zkoušení svářeče

### 6.2 Materiály svarových spojů

#### Svařitelnost

Je způsobilost svařovaných materiálů k vytváření dobrého svarového spojení tak, aby svar i okolí jím ovlivněné odpovídaly požadavkům na ně kladeným pro daný účel.

Dobrou svařitelnost vykazují oceli s nižším obsahem uhlíku (do 0,3%). Některé slitinové konstrukční oceli mají svařitelnost podstatně lepší než uhlíkové oceli stejné pevnosti. Svařitelnost oceli na odlitku je obdobná jako ocelí válcovaných stejného složení. Šedá litina je velmi obtížně svařitelná. Pro náchylnost k tvoření trhlin a tvrdých míst se používají speciální elektrody a svařované části se předeřívají. Svařitelnost hliníku a většiny jeho slitin je poměrně dobrá, zejména v ochranné atmosféře.

Pro svařování se volí materiály, u kterých je v materiálových listech zaručená svařitelnost.

Z konstrukčních ocelí jsou to zejména:

10 370, 10 420, 11 330, 11343, 11 373, 11 375, 11 378, 11 423, 11 425, 11 428, 11 523, 11 524.

Z legovaných a uhlíkových ušlechtilých ocelí to jsou především:

12 010, 12 020, 12 021, 13 030, 13 123, 15 020, 15 110, 15 121, 15 124, 15 222, 15 412, 15 420.

U oceli třídy 15 bývá nutno součásti před svařováním předeřívát a po svařování žíhat.

Z oceli na odlitky lze nejlépe svařovat:

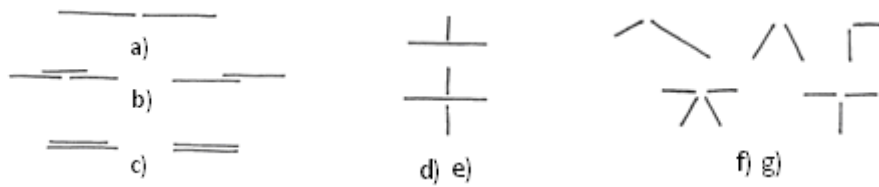
42 2633, 42 2643, 42 2712, 42 2731, 42 2743.

### 6.3 Druhy svarů

Svary se rozdělují podle různých hledisek, např. podle styku spojovaných součástí, podle provedení (tavné a tlakové), podle polohy spojovaných desek (tupé, koutové, přeplátované), podle tvaru opracování svařovaných ploch před svařováním (I, V, U, X, UU, ...), podle způsobu přivedeného tepla (svary zhotovené teplem od elektrického oblouku, od plamene, ...).

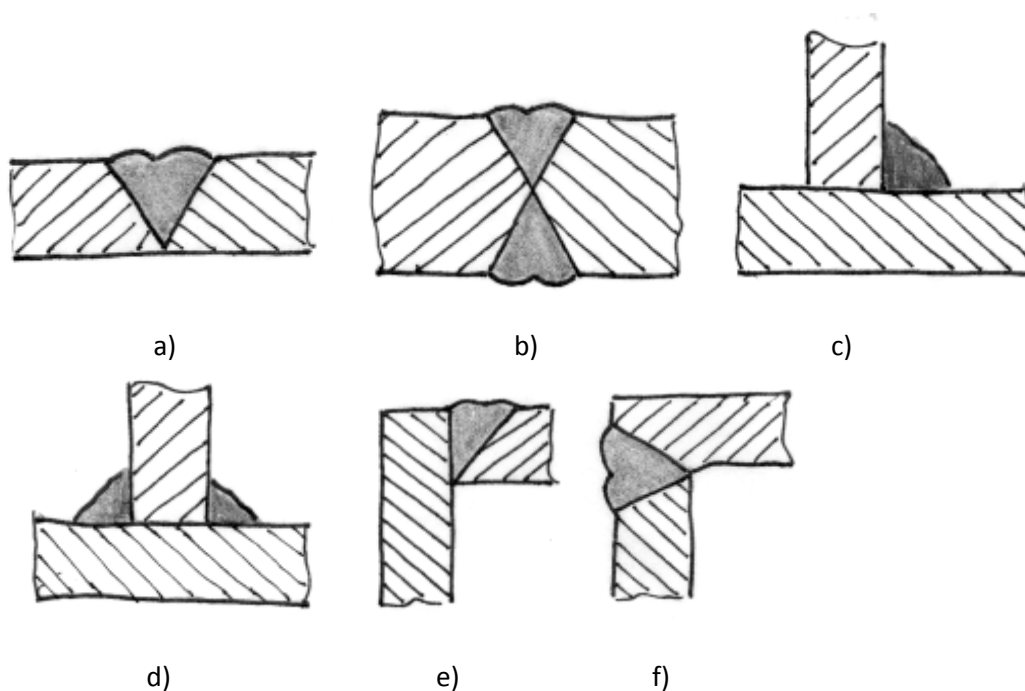
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Spoje a spojovací součásti

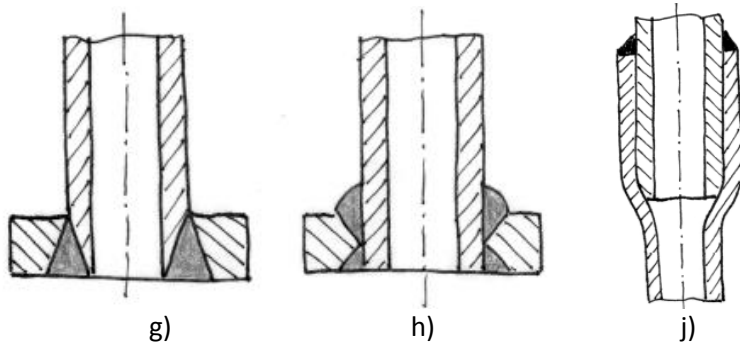


Obr. 37: Rozdělení svarů podle styku spojovaných součástí

- a) tupý svar
- b) přeplátovaný svar
- c) rovnoběžný svar
- d) kolmý svar
- e) křížový svar
- f) rohový svar
- g) vícenásobný svar




## Spoje a spojovací součásti




Obr. 38: Rozdělení svarů podle tvaru

a) svar V

b) svar X

c) svar koutový jednostranný 

d) svar koutový oboustranný 

e) svar rohový  $\frac{1}{2}$  V

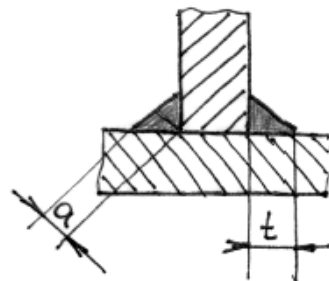
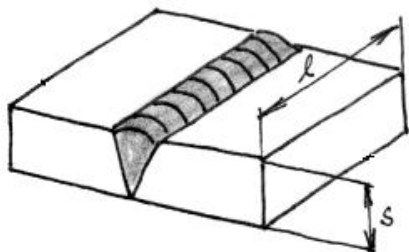
f) svar rohový V

g) svar koutový  $\frac{1}{2}$  X

h) svar koutový  $\frac{1}{2}$  X

j) svar koutový V

### 6.4 Namáhání svarů



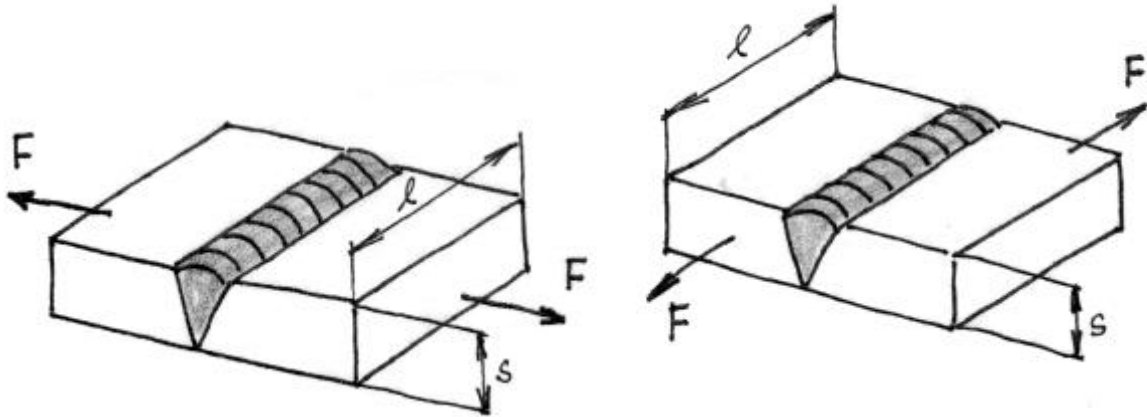
tupý svar: s ... výška svaru    l ... délka svaru    koutový svar: a ... výška svaru    t ... tloušťka svaru

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

Obr. 39: Velikostní parametry svaru

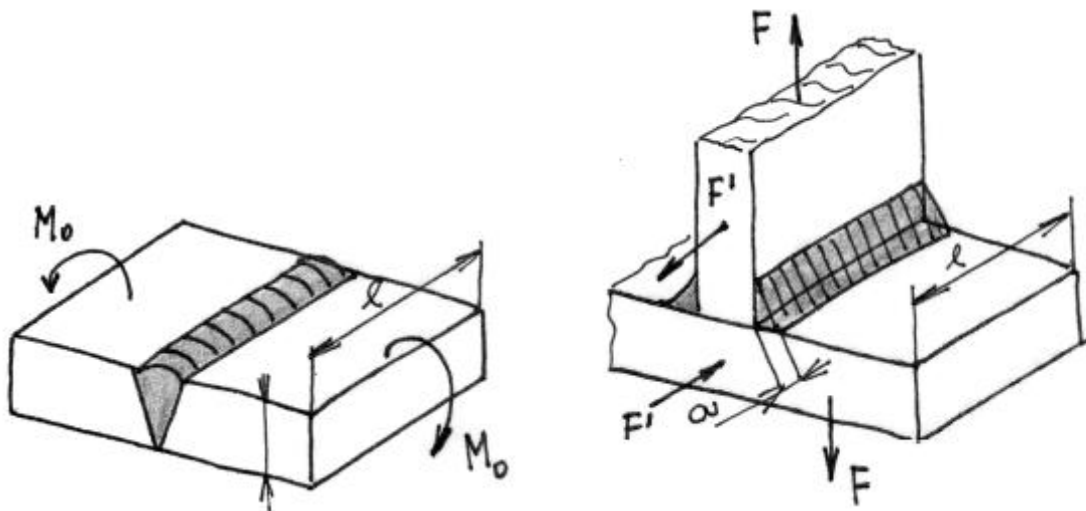
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Spoje a spojovací součásti



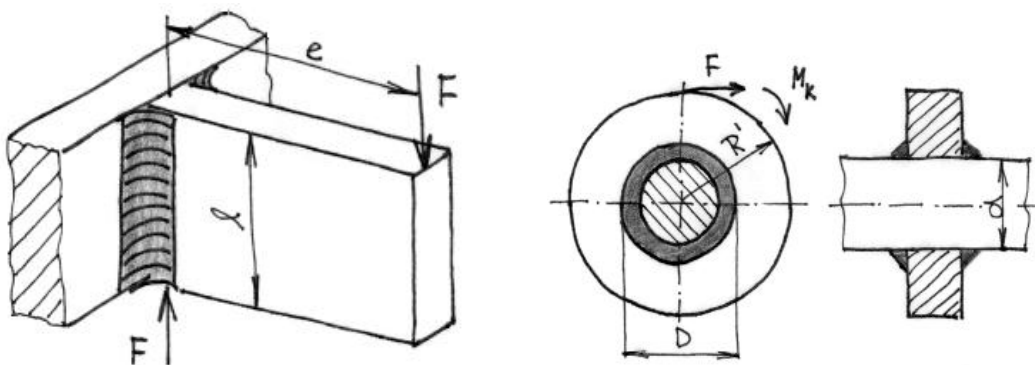
a)

b)



c)

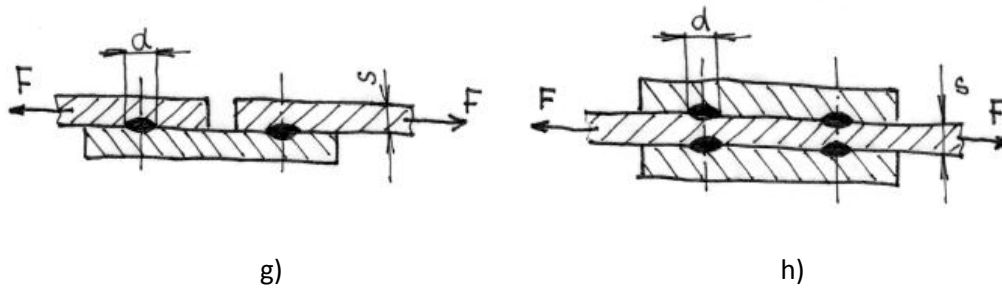
d)



e)

f)

## Spoje a spojovací součásti



Obr. 40: Možnosti zatížení svaru

- a) tupý svar namáhaný silou kolmou k ose svaru
- b) tupý svar namáhaný silou v ose svaru
- c) tupý svar namáhaný silou ohybovým momentem
- d) namáhání koutového svaru silou kolmou nebo v ose svaru
- e) namáhání koutového svaru silou na rameni
- f) namáhání bodového svaru jednostřížného
- g) namáhání bodového svaru dvojstřížného



## Spoje a spojovací součásti

### SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

#### Knižní zdroje

ŠVEC, Jiří. *Technické kreslení a deskriptivní geometrie*. Praha, Scientia 2008. 341 s.

Kříž a kol. *Stavba a provoz strojů*. Praha, SNTL 1976.

#### Interní zdroje

STRAKA, Jiří. *Možnosti výroby závitů v malé strojírenské firmě*. Brno, 2010. Dostupné z: [www.paichl.cz/paichl/knihy/hodiny/literatura/zavity.pdf](http://www.paichl.cz/paichl/knihy/hodiny/literatura/zavity.pdf). Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda