

**VŠB – TU OSTRAVA, Fakulta bezpečnostního inženýrství**



**Stroje a zařízení**

**Části strojů**

Ing. Eva Veličková

# **Obsah:**

1.	ČÁSTI A MECHANISMY STROJŮ .....	3
1.1	ČÁSTI STROJŮ .....	4
1.2	SPOJE A SPOJOVACÍ SOUČÁSTI .....	4
1.2.1	<i>Spoje</i> .....	4
1.2.1	<i>Spojovací části</i> .....	9
2.	ČÁSTI SPOJOVACÍ.....	11
2.1	ŠROUBOVÉ SPOJE.....	11
2.1.1	<i>Rozdělení závitů:</i> .....	13
2.1.2	<i>Tolerování závitů</i> .....	15
2.1.3	<i>Šrouby a šroubové spoje</i> .....	17
2.2	KOLÍKY.....	22
2.3	SPOJOVACÍ ČEPY .....	24
2.4	ZÁVLAČKY .....	25
2.5	POJISTNÉ KROUŽKY.....	26
2.6	KLÍNY .....	26
2.7	PERA .....	29
2.8	DRÁŽKOVÁ SPOJENÍ.....	31
2.9	SVĚRNÉ SPOJE.....	33
2.9.1	<i>Spojení sevřením</i> .....	33
2.9.2	<i>Spojení vzepřením</i> .....	34
2.9.3	<i>Spojení kombinované</i> .....	34
3.	NEROZEBÍRATELNÉ SPOJE .....	36
3.1	NALISOVÁNÍM – TLAKOVÉ SPOJE .....	36
3.2	SPOJENÍ ZDĚREMI.....	37
3.3	NÝTOVÁNÍ .....	39
3.4	SVAŘOVÁNÍ.....	45
3.5	PÁJENÍ .....	49
3.6	LEPENÍ .....	52
4.	PRUŽINY.....	54
5.	HŘÍDELE A HŘÍDELOVÉ ČEPY .....	58
5.1	DRUHY HŘÍDELŮ .....	58
5.2	VÝPOČET HŘÍDELŮ.....	62
6.	LOŽISKA.....	65
6.1	KLUZNÁ LOŽISKA .....	65
6.2	VALIVÁ LOŽISKA.....	70
7.	PŘEVODY.....	76
7.1	TŘECÍ PŘEVODY .....	77
7.2	ŘEMENOVÉ A LANOVÉ PŘEVODY .....	79
7.3	ŘETĚZOVÉ PŘEVODY .....	81
7.4	OZUBENÉ PŘEVODY .....	84
8.	HŘÍDELOVÉ SPOJKY.....	86
8.1	NEPRUŽNÉ SPOJKY .....	87
8.1.1	<i>Spojky pevné</i> .....	88
8.1.2	<i>Spojky pohyblivé</i> .....	91
8.2	PRUŽNÉ SPOJKY .....	94
8.2.1	<i>Spojky s nekovovými pružinami</i> .....	94
8.2.2	<i>Spojky s ocelovými pružinami</i> .....	97
8.3	VÝSUVNÉ SPOJKY .....	99

8.3.1	Zubové spojky .....	99
8.3.2	Třecí spojky.....	101
8.4	ELEKTROMAGNETICKÉ SPOJKY .....	105
8.5	SPOJKY ZVLÁŠTNÍ .....	105
8.5.1	Spojky rozběhové.....	105
8.5.2	Spojky pojistné.....	106
8.5.3	Spojky volnoběžné.....	108
9.	POUŽITÁ LITERATURA.....	110

# 1. Části a mechanismy strojů

Stroj je technický systém sestavený člověkem za použití přírodních zákonů pro ulehčení tělesné nebo duševní práce a pro zvýšení produktivity práce. Může nahrazovat buď částečně nebo úplně lidskou práci nebo lidskou činnost. Několik strojů, které tvoří jeden funkční celek, nazýváme strojní zařízení. Menší a jemnější stroje jsou tzv. přístroje – např. měřicí nebo kontrolní přístroje.

Stroje můžeme rozdělit na:

**Stroje hnací (motory)** – mění se v nich některý druh energie v mechanickou práci. Podle druhu přiváděné energie, popř. podle pracovní látky, která je nositelem energie, se rozeznávají motory:

- hydraulické
- tepelné
- vzduchové
- elektrické

**Stroje hnané (pracovní)** – mechanická práce se v nich spotřebuje na změnu tvaru, vlastností nebo polohy hmoty. Musí být proto poháněny motory nebo svalovou silou. Tato nejpočetnější skupina se dělí na:

- dopravní stroje (jeřáby, kompresory, čerpadla)
- výrobní stroje (stroje ke zpracování surovin, materiálů a polotovarů)

**Stroje a přístroje pro získávání, zaznamenávání, přenos a zpracování informací** – měřicí, zkušební, matematické, regulační, sdělovací, časoměrné...

Stroje a přístroje se skládají z jednotlivých součástí, které se při montáži postupně skládají v podskupiny a skupiny.

**Součást** je základní funkční částí stroje, zpravidla z jednoho kusu, dále nedělitelná (výjimky: např. dvojdílná pánev ložiska, třídílné upínací pouzdro).

**Podskupina** je jednoduchý montážní celek, složený ze dvou nebo několika součástí.

**Skupina** je sestava součástí, popř. podskupin, které tvoří funkčně samostatnou část stroje. Toto členění umožňuje přehledně uspořádat montáž složitých celků, usnadňuje plánování výroby a dovoluje organizovat výrobu jednotlivých montážních skupin ve specializovaných dílnách nebo závodech, čímž se zvyšuje produktivita práce.

Některé součásti mají tvar a rozměry přizpůsobeny pouze pro určitou funkci ve stroji a je nutno je samostatně navrhnout a vyrobit: např. rámy, stojany, skříně, hřídele, páky apod. Je mnoho součástí, které se používají ve stejném tvaru a provedení ve strojích různých typů: např. šrouby, nýty, čepy, klíny, pera, pouzdra, rukojeti, příruby apod. Takových součástí se spotřebuje ve výrobě a opravách strojů velké množství stejného druhu, tvaru a velikosti – vyrábějí se hromadně ve specializovaných závodech a jsou normalizované.

## 1.1 Části strojů

Všechny stroje se skládají z většího nebo menšího počtu částí (součástí a montážních jednotek).

Podle účelu a použití se obvykle části strojů dělí na:

1. Části spojovací (šrouby, klíny, pera, čepy, kolíky, hřebíky....)
2. Části pružící (pružiny).
3. Části točivého a posuvného pohybu a jejich uložení (hřídele, osy, ložiska, rámy, vedení spojky)
4. Převody (třecí, řemenové, řetězové, ozubená soukolí)
5. Mechanismy (šroubový, klikový výstředníkový, vačkový, maltežský)
6. Části k vedení kapalin a plynů (potrubí a armatury)

## 1.2 Spoje a spojovací součásti

Spojení dvou součástí lze zajistit pomocí:

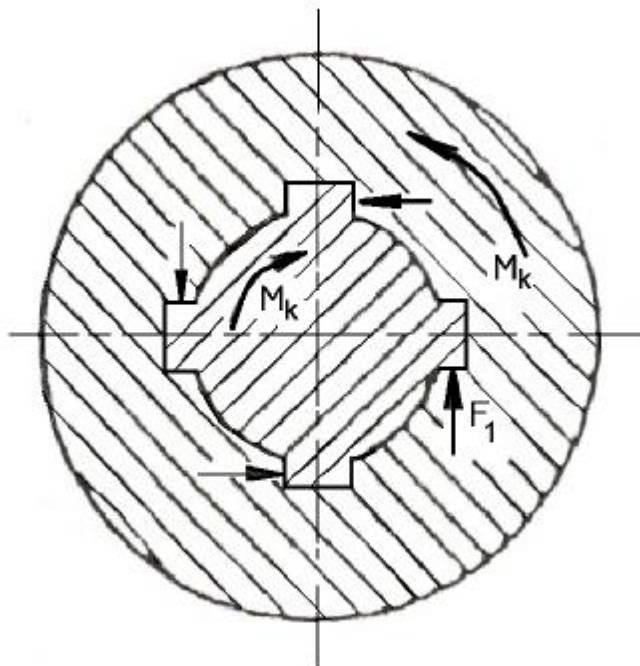
- tvarového styku
- silového styku
- materiálového styku

Podle možností rozebírání spojů se dělí na:

- rozebíratelné
- nerozebíratelné

### 1.2.1 Spoje

*Spoje tvarovým stykem* se vytvoří tak, že se využije tvarových strojních součástí k přenosu krouticího momentu nebo tažné síly mezi stykovými plochami. Přenos je většinou uskutečněn tlakem mezi stykovými plochami.



Obr.1 Přenos krouticího momentu drážkovým hřídelem na drážkový náboj

Únosnost spoje:

$$p_1 \leq p_D$$

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}$$

$$F_1 = \frac{2M_k}{D_s \cdot i}, \quad D_s = \frac{D+d}{2}$$

$p_1$  – tlak na jeden zub

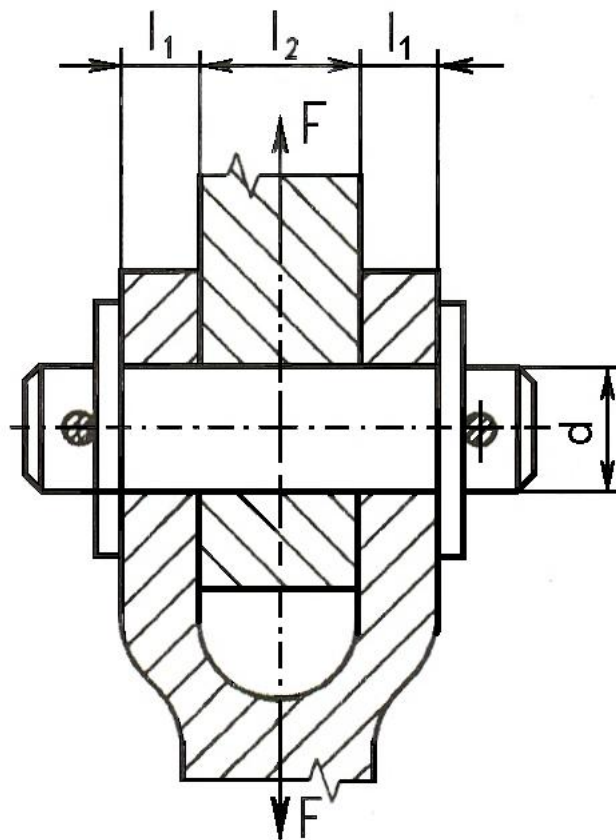
$p_D$  – dovolený tlak

$F_1$  – síla přenášená jedním zubem

$i$  – počet zubů

$M_k$  – přenášený kroučící moment

$D_s$  – střední průměr zubu



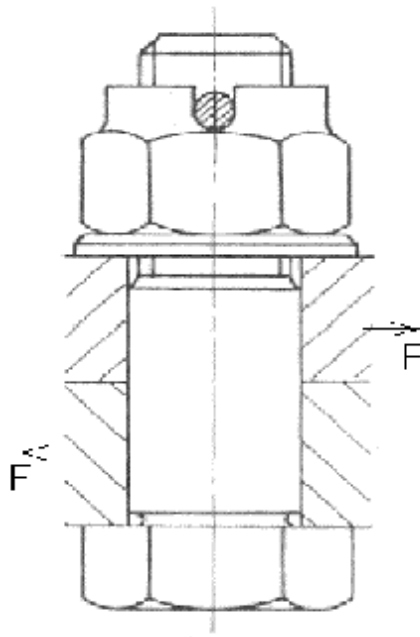
Obr. 2 Přenos síly tlakem u kloubového spojení táhla s vidlicí a čepem

Namáhání spojovacího čepu zatíženého silou  $F$  se řeší jako namáhání nosníku na dvou podporách ohybem. Zjednodušeně lze počítat jako nosník s osamělou silou  $F$  uprostřed nosníku, v tomto případě je čep předdimenzován.

$$s_o = \frac{M_{o\max}}{W_o} \leq s_{Do}$$

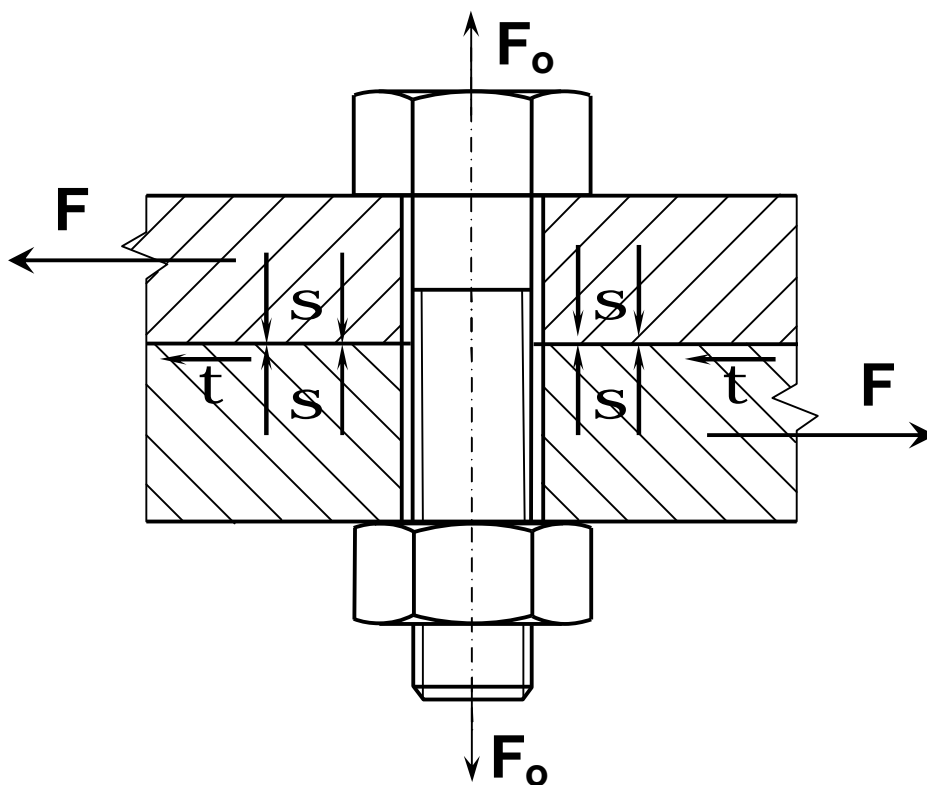
$$F_{rA} = F_{rB} = \frac{F}{2}$$

$$M_{o\max} = F_{rA} \cdot \frac{l_1 + l_2}{2} = \frac{F \cdot (l_1 + l_2)}{4}$$



Obr. 3 Příklad tvarového spoje spojením součástí lícovaným šroubem

*Spoje silovým stykem* se vytvoří tam, kde se zajistí dokonalé spojení pomocí třecí síly, která působí na stykových plochách.



Obr. 4 Předepjatý šroubový spoj zatížený silou kolmou k ose

V případě předepjatého šroubového spoje jsou šroub nebo matice utahovány v nezatíženém stavu tak, aby v nich vzniklo určité napětí, resp. předpětí. Po silovém utažení je šroub namáhán předpětíovou silou  $F_0$ , stejnou silou jsou spojované části přitlačovány k sobě. Současně dojde k protažení šroubu a ke stlačení spojovaných částí. Následně je spoj zatížen stálou nebo proměnlivou provozní silou. Tímto způsobem je zatěžována naprostá většina šroubových spojů se spojovacími šrouby.

Má-li být při montáži předepjatých šroubových spojů zaručeno stanovené předpětí, je nutno utahovat šrouby pomocí:

- momentových klíčů
- elektrických nebo pneumatických utahováků
- měřit prodloužení šroubu
- zahřát šroub
- dotáhnout speciálně upravené šrouby, matice nebo podložky
- měření úhlu zkroucení šroubu po jeho dotažení

Momentové klíče jsou upraveny tak, že dovolují buď měření utahovacího momentu nebo se při dosažení nastaveného utahovacího momentu automaticky vypnou a nedovolí další utahování.

Silový spoj lze zatěžovat provozní silou klidného nebo převážně klidného charakteru, tato síla je zachycena třením ve stykových plochách spojovaných částí. Tření vznikne dostatečným utažením šroubu tak, že v něm vyvodíme předpětí. Musí platit:

$$F_T = F_o \cdot f \geq \frac{n \cdot F}{i}, \text{ kde:}$$

$f$  – součinitel tření

$n$  – bezpečnost stroje,  $n > 2$

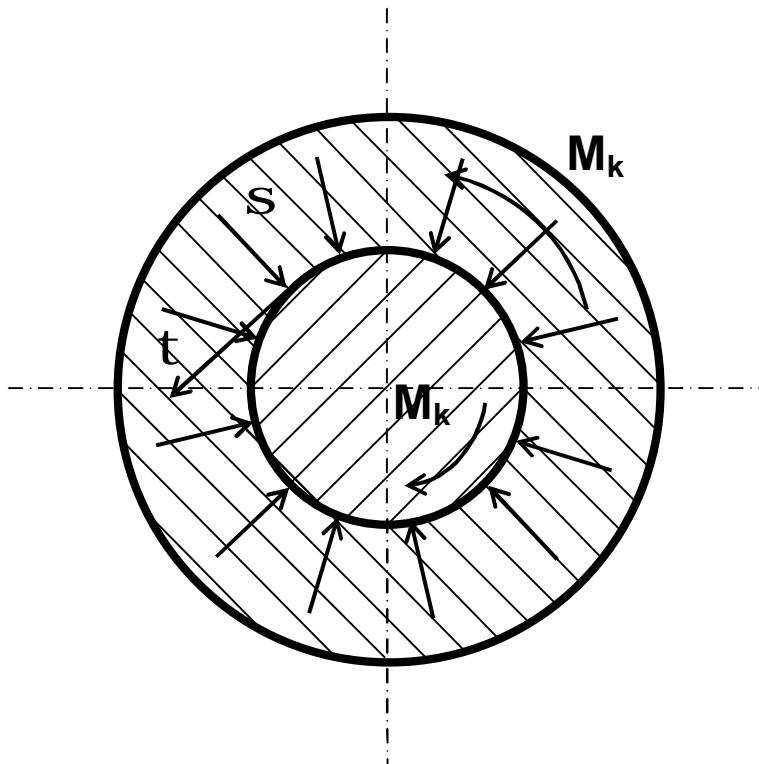
$i$  – počet šroubů

**Tabulka 1** Hodnoty součinitele tření pro ocel na oceli:

druh povrchu	hodnota součinitele tření
hladce obrobené povrchy	0,1 – 0,25
vyžháním plechů otevřeným plamenem	0,45 – 0,75
pískováním povrchu	0,43 – 0,76

Při vzrůstu velikosti provozní síly může dojít k vzájemnému posunutí spojovaných částí o vůli mezi šroubem a dírou ve spojovaných částech, šroub se nakloní a často ustříhne.





Obr. 5 Nalisovaný spoj pro přenos krouticího

Spojení je dosaženo pružnými, někdy i plastickými deformacemi v hřídeli a v náboji, které způsobí, že jsou k sobě přitlačovány stykové plochy. Principem spoje je, že má hřídel před spojením větší průměr, než je průměr díry v náboji. V důsledku deformace hřídele a náboje vznikne v obou součástech napjatost charakterizovaná tečným a radiálním napětím, a ve stykové ploše tlak  $p$ .

Únosnost nalisovaného spoje:

Nalisovaný spoj může přenášet jak krouticí moment tak i osovou sílu.

Osová síla:  $F_N \leq F_T$

$$F_T = F_N \cdot f$$

$$F_N = S_T \cdot p$$

$$S_T = p \cdot d \cdot l$$

$$F_T = p \cdot d \cdot l \cdot p \cdot f$$

Krouticí moment:  $M_k \leq M_T$

$$M_k = F_T \cdot \frac{d}{2} = p \cdot d \cdot l \cdot p \cdot f \cdot \frac{d}{2}$$

$$M_k = \frac{p \cdot d^2 \cdot l \cdot p \cdot f}{2}$$

$F_N$  – normálová síla

$F_T$  – třecí síla

$f$  – součinitel tření

$S_T$  – svěrná plocha

$d$  – průměr hřídele

$l$  – délka hřídele

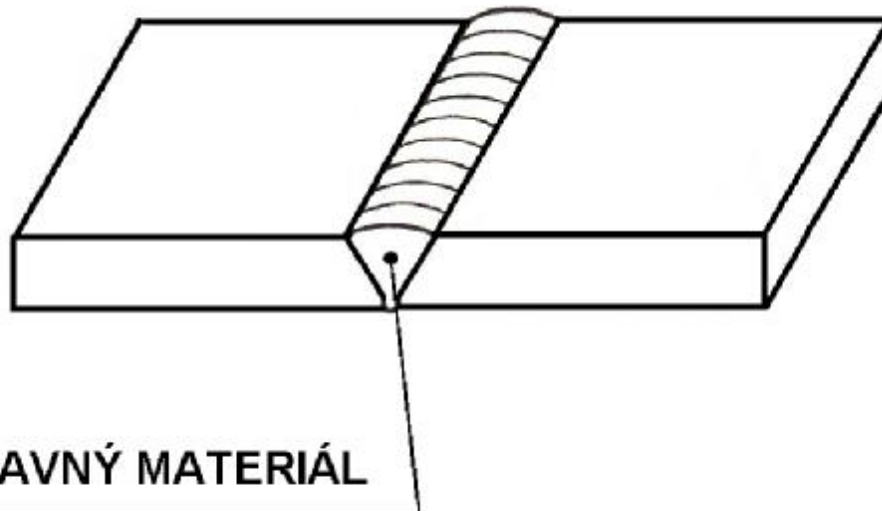
$p$  – nutný stykový tlak

$M_k$  – přenášený krouticí moment

$M_T$  – třecí moment

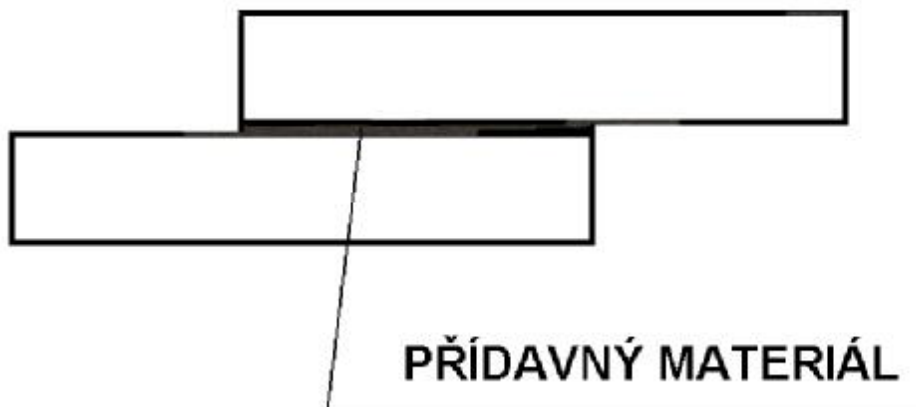
**Spoje materiálového styku** jsou spoje, u kterých se zhotoví nerozebíratelný celek přídavným materiálem.

Svarový spoj – vzniklý spoj má stejnou pevnost jako spojované materiály.



Obr.6 Svarový spoj

Pájený, lepený spoj – vzniklý spoj má nižší pevnost než spojované materiály.



Obr. 7 Pájený nebo lepený spoj

### 1.2.1 Spojovací části

Spojovací části strojů dělíme na části strojů pro spojení *rozebíratelná* a *nerozebíratelná*.

**Rozebíratelné spoje** je možno snadno a bez poškození spojených a spojovacích částí rozebrat a znovu spojit bez narušení původních vlastností spoje

***Nerozebíratelné spoje*** nelze demontovat bez poškození, je nutno při uvolnění spoje spojovací součásti nebo některou ze spojovaných součástí trvale porušit, takže spojovací součásti nelze znovu použít pro další spojení.

***Rozebíratelné spojení*** tvoří tyto strojní součásti:

- šrouby
- kolíky
- závlačky
- spojovací čepy
- pojistné a stavěcí kroužky
- klíny
- pera
- svěrné spojení

***Nerozebíratelného spojení*** dosáhneme:

- nalisováním
- zděření
- nýtováním
- svařováním
- pájením
- lepením

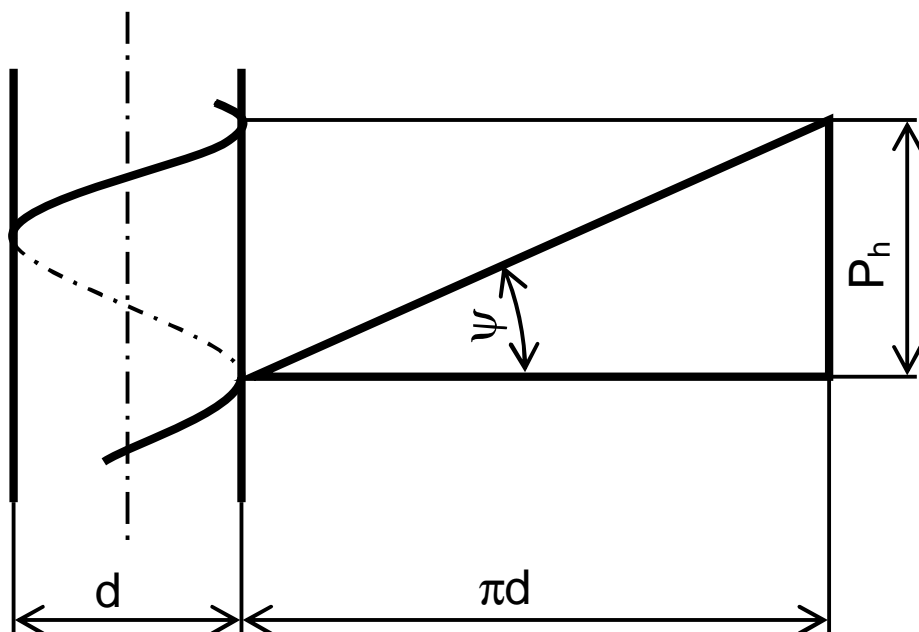
## 2. Části spojovací

### 2.1 Šroubové spoje

Základem každého šroubového spoje je závit, který dovoluje sešroubovat šroub a matici. **Závit** – je geometricky určen závítovou plochou, kterou vytváří profil závitu, jež se pohybuje po šroubovici.

**Profil závitu** – je křivka, nebo lomená přímka ležící v rovině, která prochází osou závitu.

**Šroubovice** – vznikne při otáčení bodu kolem pevné osy a zároveň jeho rovnoběžným rovnoměrným posuvem. Šroubovice leží na válcové ploše a je určena stoupáním  $P_h$  a průměrem válcové plochy  $d$ .

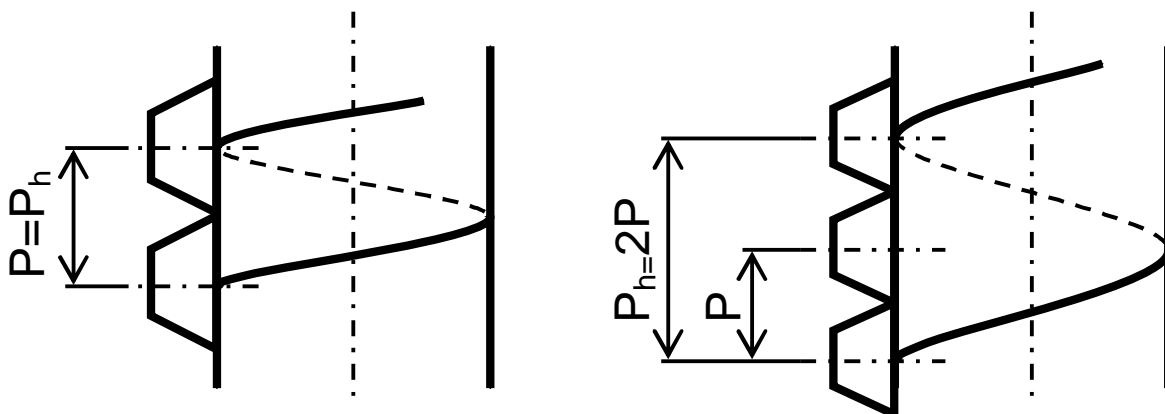


Obr. 8 Stanovení úhlu stoupání závitu

Úhel stoupání  $\psi$ :  $\operatorname{tg} \psi = \frac{P_h}{\pi d}$

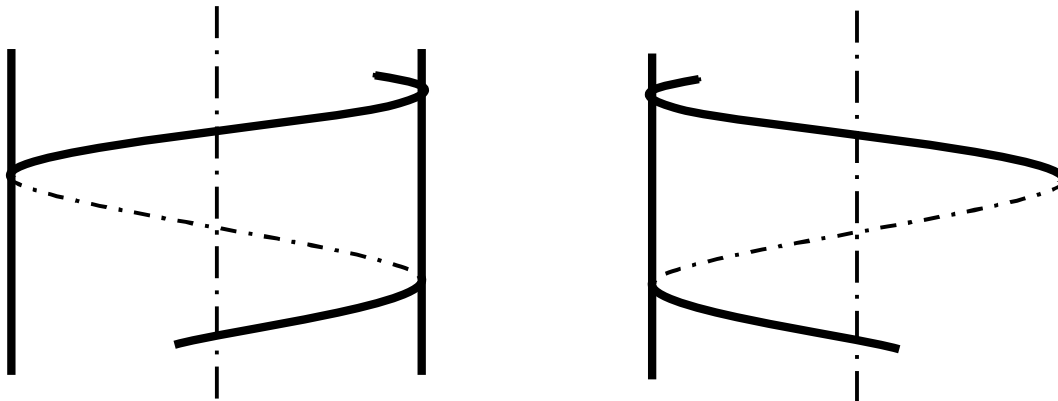
**Stoupání** -  $P_h$  – je vzdálenost dvou stejnohlých bodů na téže šroubovici závitu. Měří se rovnoběžně s osou závitu.

**Rozteč** -  $P$  – je vzdálenost dvou stejnohlých bodů sousedních závitů. Měří se rovnoběžně s osou závitu.



Obr. 9 Rozteč a stoupání závitu

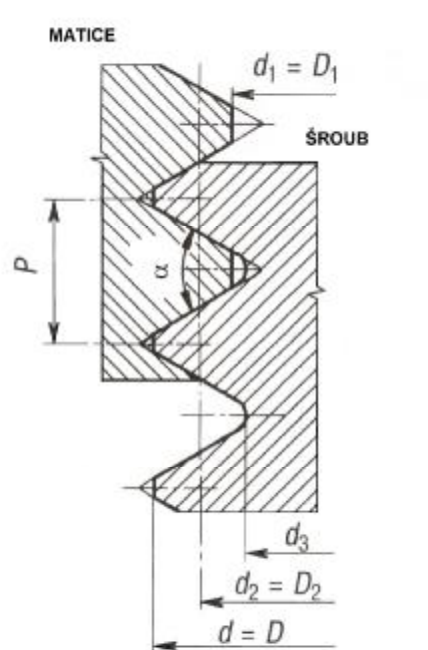
Základní charakteristikou závitu je jeho rozteč. Pojem „stoupání závitu“ se používá u vícechodých závitů. Šroubovice může být pravá a levá.



Obr. 10 Pravá a levá šroubovice

Rozměry závitu jsou dány jeho jmenovitými rozměry:

- d - velký průměr závitu šroubu
- D - velký průměr závitu matice
- $d_1$  - malý průměr závitu šroubu
- $D_1$  - malý průměr závitu matice
- $d_2$  - střední průměr závitu šroubu
- $D_2$  - střední průměr závitu matice
- $d_3$  - malý průměr závitu šroubu ve vrcholu zaoblení závitového dna
- $H_1$  - nosná výška závitu (tj. poloviční rozdíl velkého průměru šroubu  $d$  a malého průměru matice  $D_1$ , slouží pro kontrolu plošného tlaku v závitě)
- n - počet chodů
- $\alpha$  - vrcholový úhel, tj. úhel boků profilu závitu



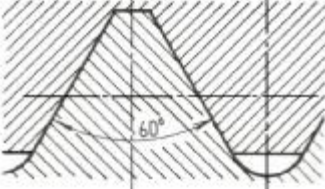
Obr. 11 Řez závitem s trojúhelníkovým profilem

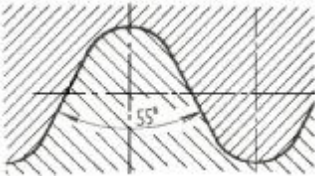


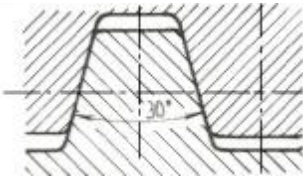
### 2.1.1 Rozdělení závitů:

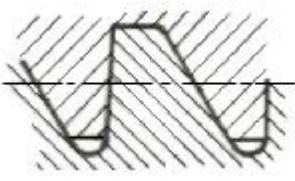
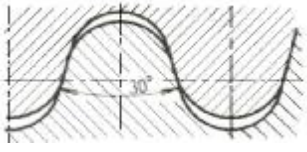
Závity dělíme podle:

- 1) Polohy profilu vzhledem k základnímu tělesu:
  - vnější závity – šrouby
  - vnitřní závity – matice
- 2) Smyslu vlnutí závitu na:
  - pravé
  - levé
- 3) Počtu profilů (roztečí  $P$ ), které připadají na stoupání  $P_h$  na:
  - jednochodé ( $P_h = P$ )
  - několikachodé ( $P_h = P \cdot n$  – kde  $n$  je počet chodů)
- 4) Tvaru základního tělesa na:
  - válcové
  - kuželové
- 5) Tvaru závitového profilu:
  - metrické:
    - s hrubou roztečí
    - s jemnou roztečí
    - pro mechaniku a optiku
    - pro součásti z plastů
  - Whitworthův
  - trubkový
    - válcový
    - kuželový
  - do plechu
  - lichoběžníkový
    - rovnoramenný
      - jednochodý
      - vícechodý
    - nerovnoramenný
  - oblý
- 6) Funkčního určení na:
  - spojovací
  - pohybové

**Tabulka 2** Druhy závitů

Metrický základní řady	Běžné spojení, šrouby, matice	M		Velký průměr závitu v mm	M 20
Metrický s jemným stoupáním	Spojení s požadovano u větší samosvorností, závity ve slitinách lehkých kovů			Velký průměr závitu a rozteč	M 20 x 1

Metrický pro jemnou mechaniku a optiku	V průmyslu jemné mechaniky v případech, že běžné metrické závity nemohou vyhovět funkčním a konstrukčním požadavkům			Velký průměr závitu a rozteč	M 20 x 0,5
Whitworthův	Pro opravy strojů staršího provedení a exportní zakázky do anglosaských zemí. Závit upevňovacího šroubu bezpečnostních pásů ve všech automobilech.	W		Velký průměr závitu v palcích	W 7/16"
Trubkový válcový	Ke spojování trubek, tvarovek a armatur; obvykle závit vnitřní	G		Světlost trubky v palcích	G 2"
Trubkový kuželový	Ke spojování trubek, tvarovek a armatur; pouze závit vnější	KG			KG 2"
Edisonův	Pro patice žárovek a objímky	E		Velký průměr závitu v mm	E 27
Pro vruty	K zašroubování do dřeva				
Lichoběžníkový rovnoramenný jednochodý	Pohybové šrouby a matice	Tr		Velký průměr závitu a rozteč	Tr 20 x 4
Lichoběžníkový rovnoramenný vícechodý	Pohybové šrouby a matice se zvýšenou samosvorností a vyšší únosností			Velký průměr závitu, stoupání a počet chodů	Tr 20 x 8/2

Lichoběžníkový nerovnoramenný	Pro pohybové šrouby a matice s rozdílným zatížením ve směru osy	S		Velký průměr závitu a rozteč	S20 x 4
Oblý	Pohybový závit vřeten malých průměrů a závit litinových šroubů	Rd		Velký průměr závitu v mm	Rd 40

### 2.1.2 Tolerování závitů

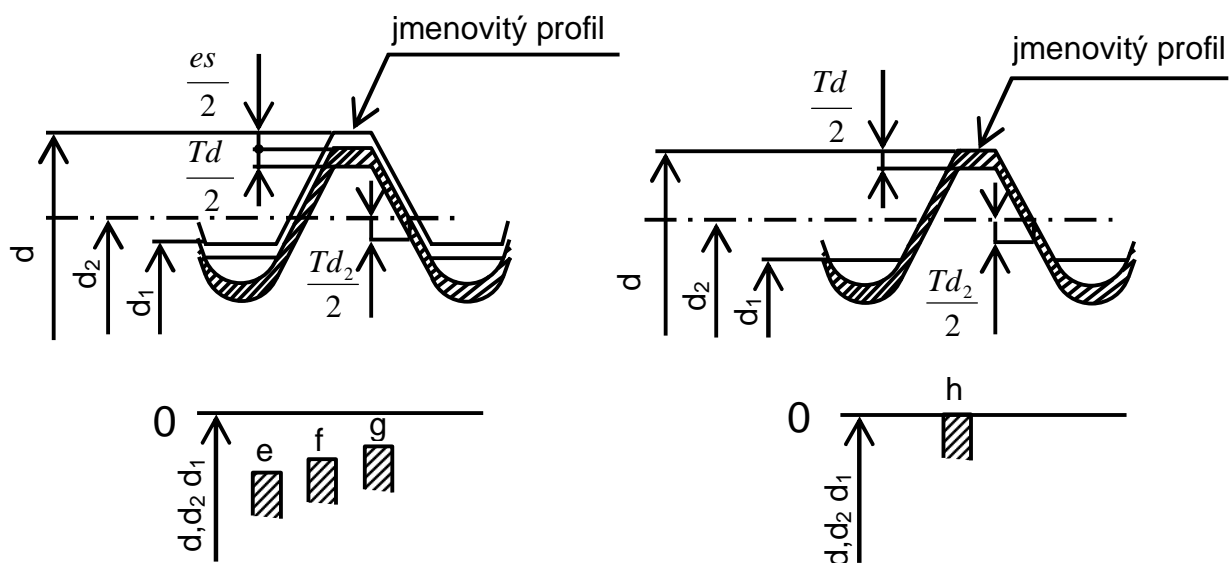
Aby se zaručilo žádané uložení, které umožňuje správnou funkci šroubu ve spojení s maticí, bylo zavedeno lícování závitů. Udává vzájemný vztah závitů šroubu a matice charakterizovaný velikostí vůle nebo přesahu.

Souhrn všech uložení s různými vůlemi a přesahy, sestavený podle jednotného hlediska, tvoří lícovací soustavu závitů.

U nás se všechna vzájemná uložení uskutečňují jen podle soustavy jednotné matice, tzn. že pro všechna uložení je poloha tolerančního pole matice zvolena tak, že se jeho dolní mezní profil kryje se základním profilem [H].

Poloha tolerančního pole profilu metrického závitu je dána polohou základní úchytky (horní nebo dolní) vzhledem k jmenovitému profilu:

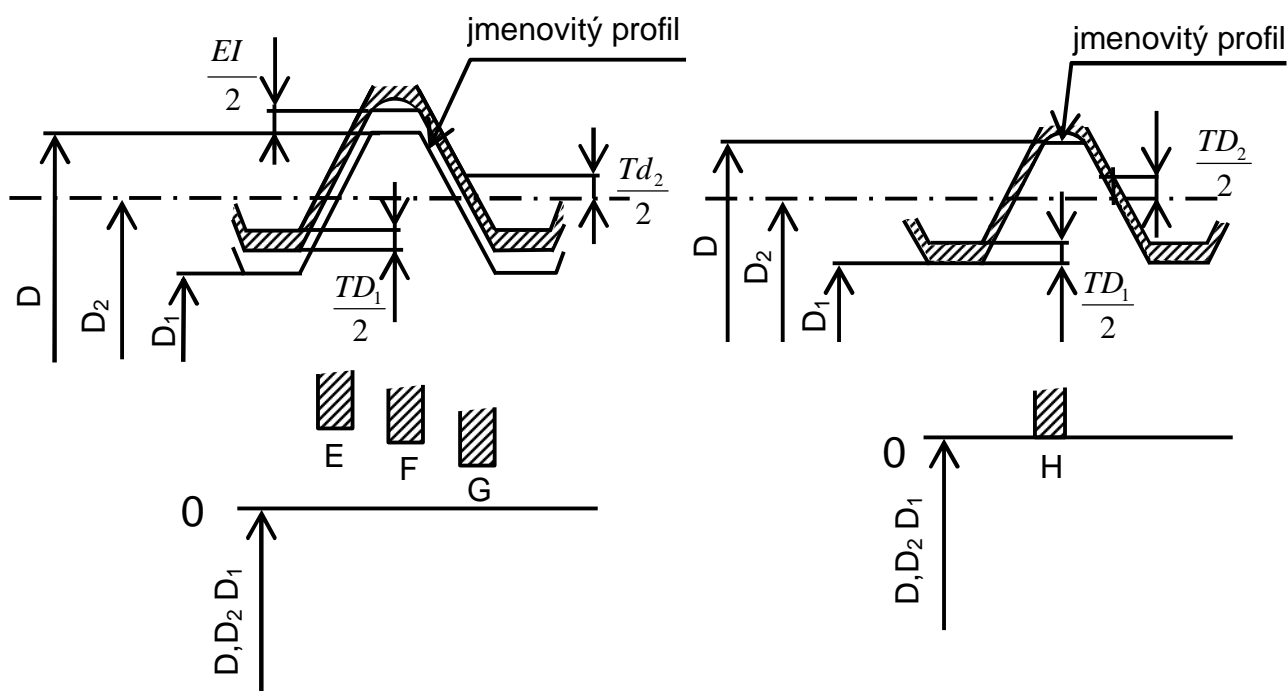
- u šroubu**
- $d$  – velkého průměru závitu šroubu ( $d, e, f, g, h$ )
  - $d_2$  – středního průměru závitu šroubu ( $d, e, f, g, h$ )



Obr. 12 Polohy tolerančních polí šroubu



- u matice**
- $D_2$  – středního průměru závitu matice (E, F, G, H)
  - $D_1$  – malého průměru závitu matice (E, F, G, H)



Obr. 13 Polohy tolerančních polí matice

Úchylky závitů se označují tolerančními značkami, které se skládají z písmene označujícího polohu tolerančního pole závitového profilu a z čísla, které označuje stupeň přesnosti (IT) základní tolerance.

Značka tolerančního pole závitu je uvedena za označením rozměru závitu a odděluje se od něj pomlčkou.

Příklad:

označení šroubu	M12 – 6g
označení matice	M12 – 6H
označení uložení	M12 – 6H/6g

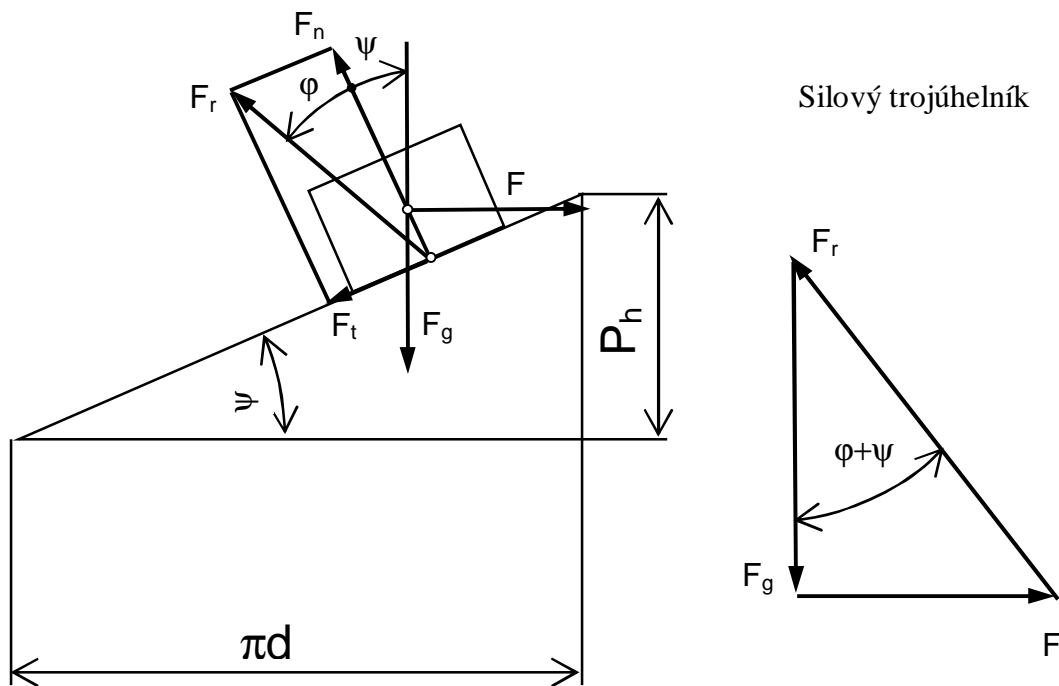
### Silové poměry na závitu a samosvornost šroubu

Při pohybu závitů šroubu a matice mezi nimi vzniká smykové tření, které je příčinou třecí síly v závitech. Pohyb matice je vlastně pohyb břemene po nakloněné rovině, která vznikne rozvinutím jednoho stoupání na středním průměru šroubu do roviny.

Za klidu působí na břemeno (závit matice) normálová síla  $F_n$ , což je vlastně reakce podložky na tíhovou sílu břemene  $F_g$ . U šroubu tíže břemene odpovídá síla v jeho ose. Za pohybu se reakce  $F_n$  odkloní vlivem třecí síly  $F_t$  o třecí úhel  $j$ , čímž vznikne reakce  $F_r$ . Složením těchto sil pomocí silového trojúhelníku určíme sílu  $F$  pro pohyb břemene. U závitu je tato síla obvodovou silou na středním průměru závitu.

Počtním řešením silového trojúhelníku vznikne pro utahování šroubu rovnice:

$$\operatorname{tg}(j + y) = \frac{F}{F_g} \Rightarrow F = F_g \cdot \operatorname{tg}(j + y)$$



Obr. 14 Silové poměry na šroubu

Pro povolování šroubu bude platit:

$$F = F_g \cdot \operatorname{tg}(j - y)$$

Třecí úhel se určí ze součinitele smykového tření v závitech:  $\operatorname{tg} j = f$

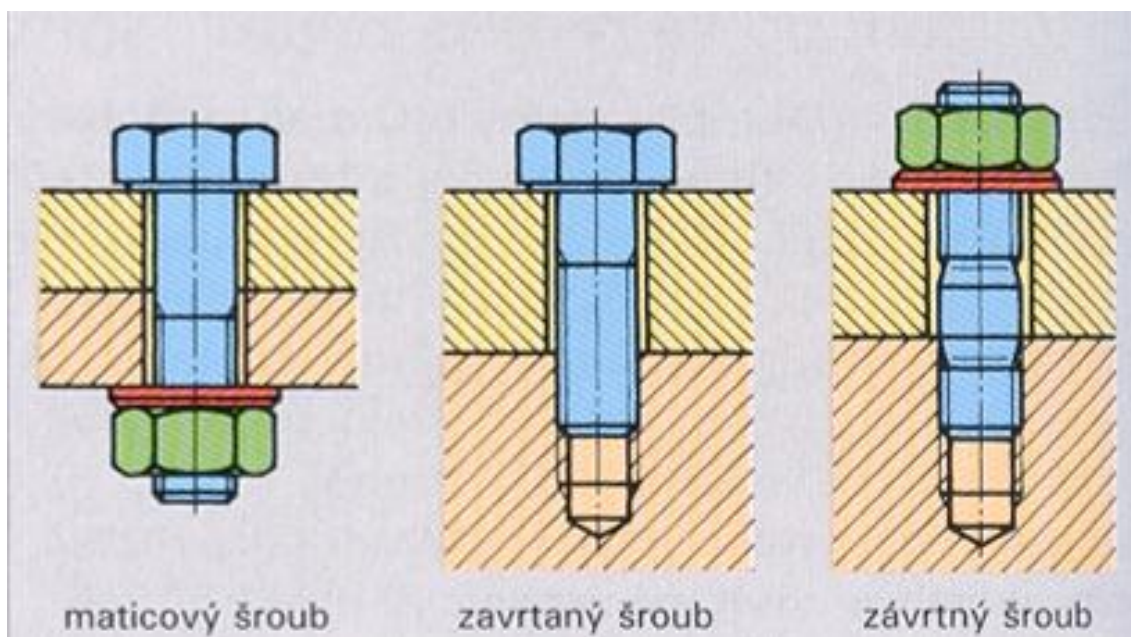
Jestli-že nastane  $y < j$ , potom nabývá síla  $F$  záporné hodnoty. Šroub se působením osové síly samovolně neodtáčí, protože jde o tzv. samosvorný šroub. Spojovací šrouby jsou vždy samosvorné, aby se působením osové síly neuvolňovaly, proto mají úhel stoupání menší než třecí úhel ( $y < j$ ). U pohybových šroubů není samosvornost závitu požadována, kromě např. šroubového zvedáku, který se působením břemene nemá sám roztáčet.

### 2.1.3 Šrouby a šroubové spoje

Šrouby jsou spojovací součásti, které se používají k rozebíratelnému spojení dvou nebo více dílů v jeden celek. Tento celek se nazývá šroubový spoj. Šroub může být i součástí mechanismu, který převádí rotační pohyb na přímočarý a naopak – jedná se o tzv. pohybový šroub (support u soustruhu, šroubový zvedák...).

Pro šroubový spoj se může použít

- šroub s hlavou a maticí,
- šroub s hlavou bez matice (matici tvoří spojovaný materiál),
- závrtný šroub bez hlavy

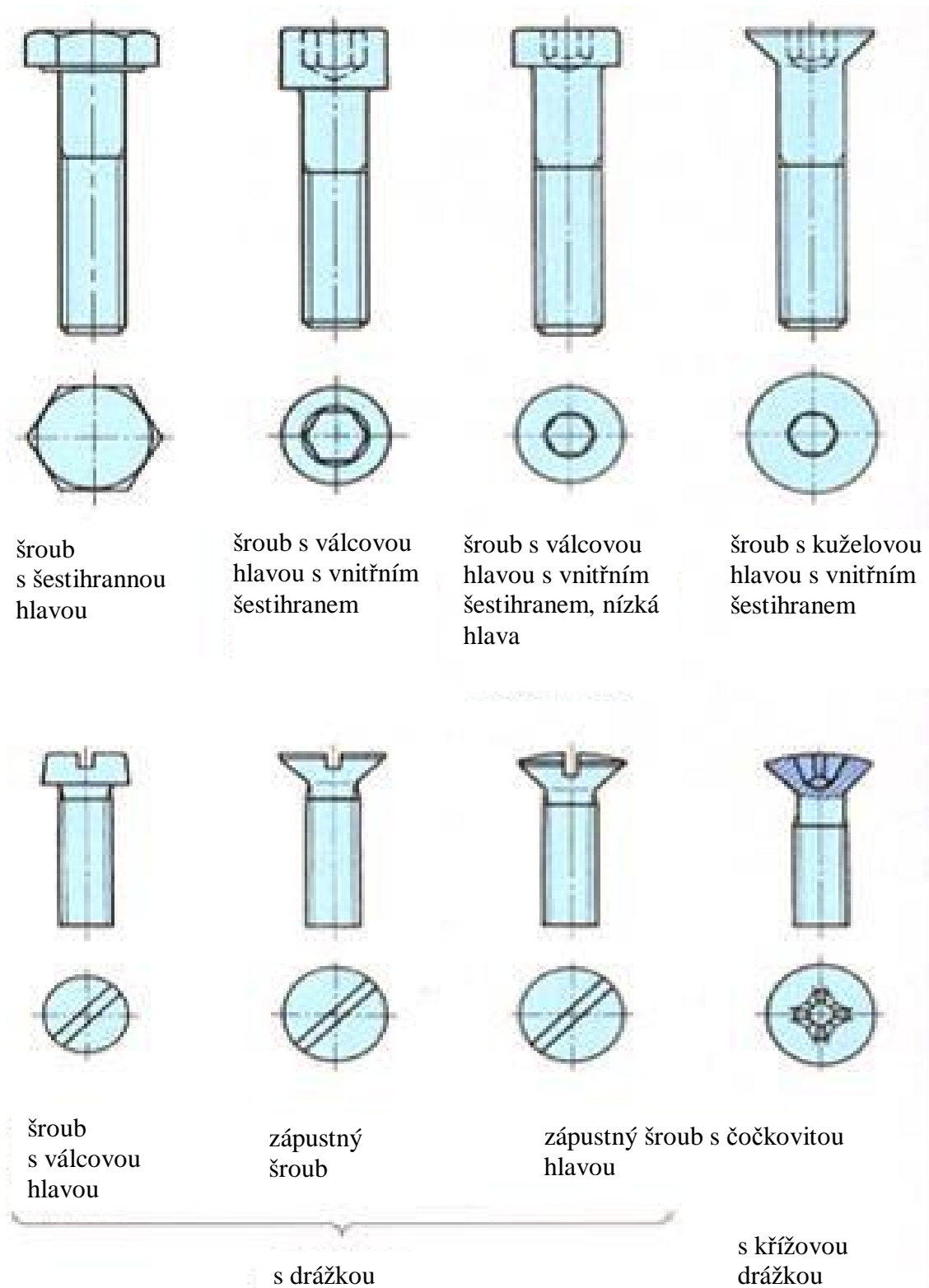


Obr. 15 Druhy šroubů – maticový, závrtný, závrtaný

Součástí šroubového spoje může být kromě matice také podložka s různou funkcí a závlačka s pojišťovací funkcí.

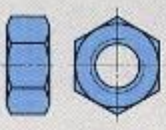
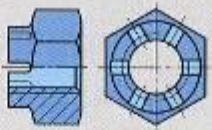
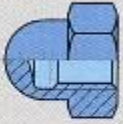
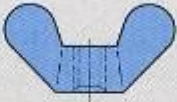
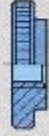
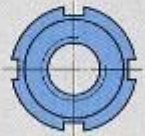
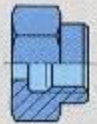
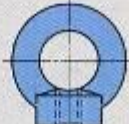
**Druhy šroubů, matic a podložek:**

**Šrouby** se liší tvarem hlavy, který souvisí se způsobem utahování šroubu. Nejčastěji používané hlavy pro ruční utahování klíčem nebo šroubovákem jsou šestihránná, válcová, válcová s vnitřním šestihranem – imbus a zápustná. Pro strojní utahování je nejvhodnější zápustná hlava s křížovou drážkou. Šrouby mohou být i bez hlavy. Kromě tvaru hlavy se šrouby liší provedením dřívku – závit na něm může být po celé délce až k hlavě nebo jen na jeho části. Lícovaný šroub má dřív s přesným průměrem – může být namáhán silou kolmou k ose.



Obr. 16 Druhy šroubů

**Matice** se nejčastěji používají šestihranné, liší se výškou nebo způsobem pojištění. Korunové šestihranné matice spolu se závlačkou jsou vhodné zejména pro dynamicky namáhané šroubové spoje (kola automobilů).

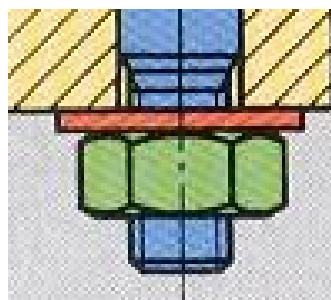
	Šestihranná matice Ve spojení se šrouby s šestihrannou hlavou, šrouby s drážkou v hlavě a závrtnými šrouby.		Korunová matice Jestliže se má šroubový spoj zajistit závlačkou.
	Uzavřená matice Zabraňuje poškození a korozi konce závitu; chrání před zraněním ostrými konci šroubu.		Křídlatá matice Jestliže se šroubový spoj musí často uvolňovat, např. u přístrojů.
	Rýhovaná matice Jestliže se šroubový spoj musí často uvolňovat rukou, např. u přístrojů.		Upínací a stahovací kruhová matice Pro nastavování a seřizování axiální vůle a pro upevňování valivých ložisek na hřídele.
	Převlečná matice Pro šroubové spoje trubek.		Závěsná matice Jako oko pro přepravu strojů.

Obr. 17 Druhy matic

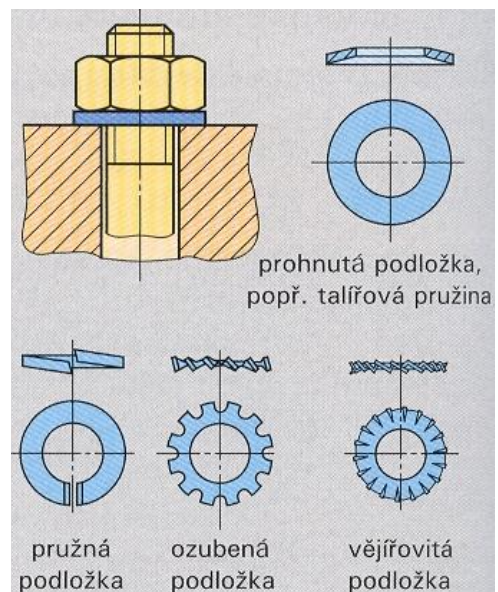
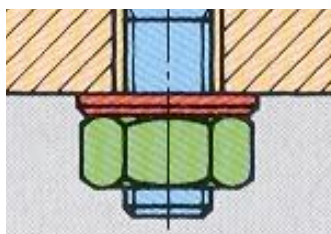
**Podložky** se kladou pod hlavy šroubů nebo pod matice z těchto důvodů:

- pro rozložení tlaku na větší plochu (u měkkých materiálů – aby se hlava šroubu nebo matice nezatačovala do spojovaných částí)
- zamezení opotřebování materiálů spojovaných částí při častém povolování a utahování
- je-li povrch součásti pod maticí drsný, neobrobený nebo není-li dosedací plocha rovná
- má-li díra pro šroub větší vůli nebo není-li válcová
- pro pojištění matice nebo hlavy šroubu proti pootočení

Plochá kruhová podložka



Plochá kruhová podložka se skosením



Obr. 18 Druhy podložek

### Zajištění šroubů a matic

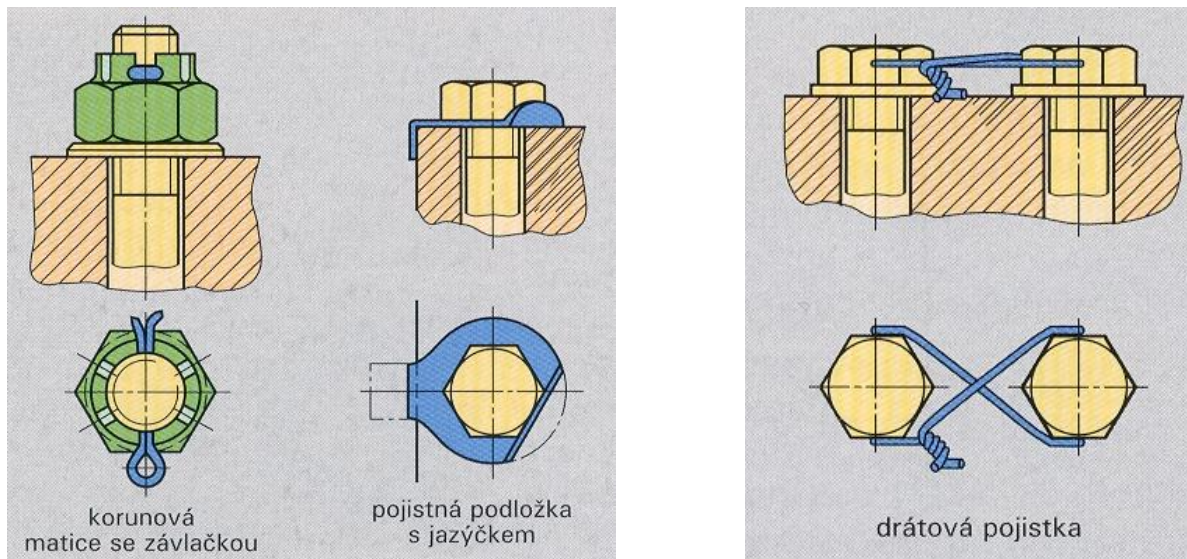
Proti uvolnění a případnému vypadnutí šroubu je třeba šrouby ve spoji zajistit, zvláště při proměnlivém zatížení. Zajištění šroubů může být mechanické nebo třením.

#### Mechanické zajištění:

- roznýtováním konce šroubu (spoj se stane nerozebíratelným)
- závlačkou příp. drátem provlečeným otvorem ve dřívku nad maticí (nejlépe korunová matice) nebo otvorem provrtaným maticí současně s dřívkem
- je-li několik šroubů blízko sebe, mohou být zajištěny po montáži drátem provlečeným otvory vyvrtanými v jeho hlavách
- pojistnými podložkami s nosem nebo s jazýčkem
- pojistnými příložkami s výřezy odpovídajícími matici, kterou zajišťují

#### Zajištění třením:

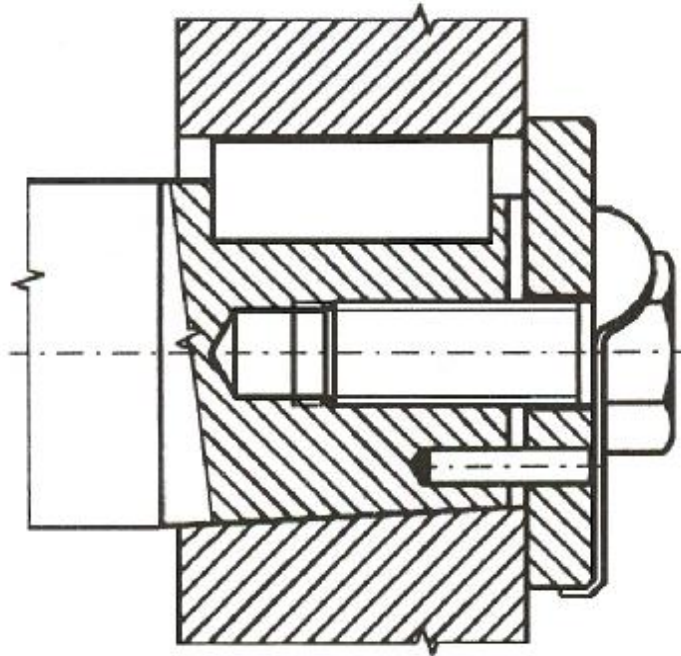
- dvěma maticemi
- přítužnou maticí – nejdříve se na konec šroubu našroubuje nízká matice a na ni se utáhne obyčejná matice
- podložkami
  - ⇒ pružné podložky – nejjednodušší způsob, podložka stálým pružením udržuje mezi závity matice a dřívku tření
  - ⇒ ozubené a vějířové podložky – jejich ostré hrany (na vnitřním nebo vnějším obvodu) vyvolávají tření v dosedací ploše na matici a svírané součásti
- samojistnou maticí, která má v horní části závitu vlisovaný polyamidový nebo silonový kroužek – zvětší tření v závitech
- tzv. Berma maticí, složenou ze dvou částí – vnější a vnitřní, která má dělený pružný kuželový krček. Na dřív šroub se nejprve upevní vnitřní část, a potom se našroubuje vnější, která dotažením sevře pružící části krčku a vyvodí v závitech větší tření.



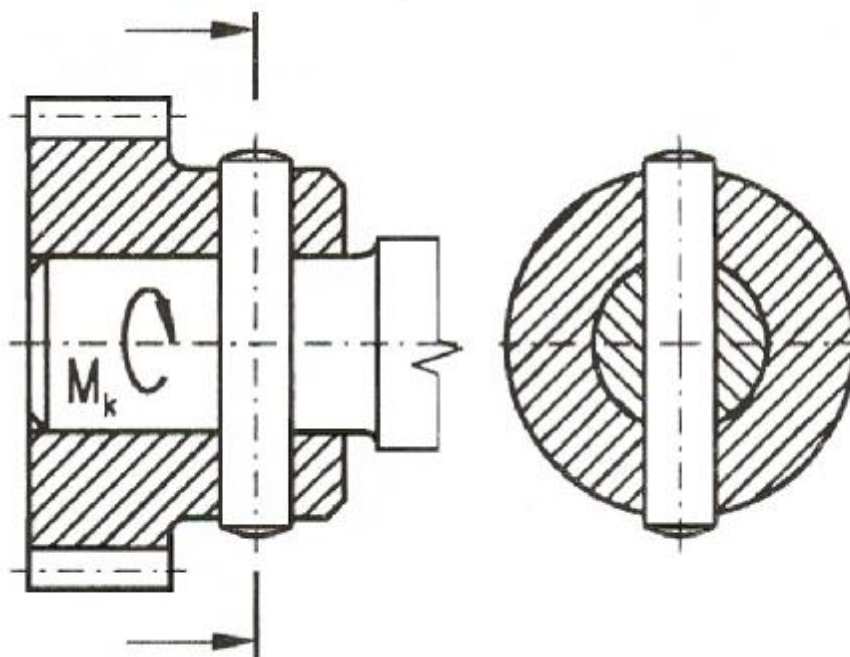
Obr. 19 Zajištění šroubů a matic

## 2.2 Kolíky

Kolíky se používají k jednoznačnému zajištění vzájemné polohy dvou součástí, k zamezení otáčení nebo posuvu jedné součástky na druhé, jako spojovací čepy apod.



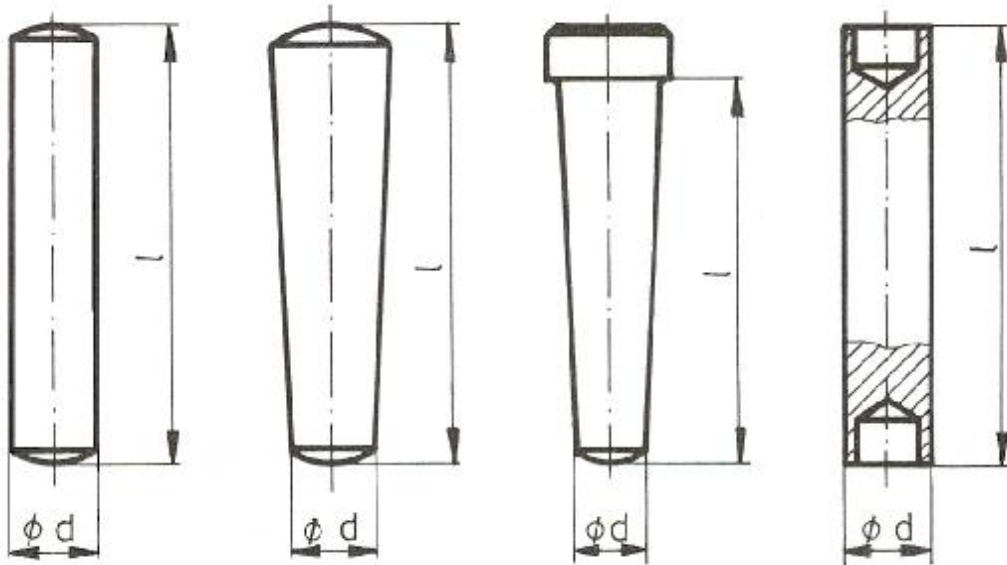
Obr. 20 Zajištění vzájemné polohy kruhové podložky a hřídele proti vzájemnému pootočení



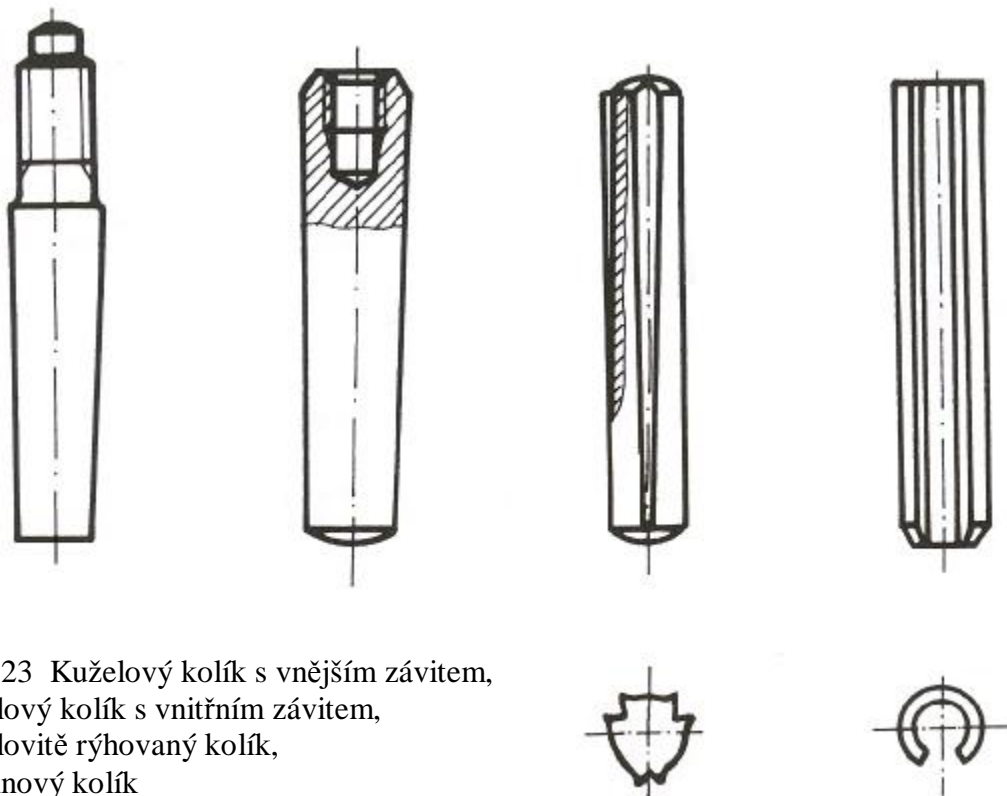
Obr. 21 Zajištění vzájemné polohy hřídele a ozubeného kola

Typy kolíků:

- ◆ válcový kolík
- ◆ kuželový kolík
- ◆ kuželový kolík s hlavou
- ◆ kolík s konci na roznýtování
- ◆ kuželový kolík s vnějším závitem
- ◆ kuželový kolík s vnitřním závitem
- ◆ kuželovitě rýhovaný kolík
- ◆ pružinový kolík



Obr. 22 Válcový kolík, kuželový kolík, kuželový kolík s hlavou, kolík s konci na roznýtování



Obr. 23 Kuželový kolík s vnějším závitem, kuželový kolík s vnitřním závitem, kuželovitě rýhovaný kolík, pružinový kolík



Kolíky jsou normalizované a kreslí se na výkresech sestavení buď v příčném řezu nebo v pohledu, označí se pozicí a zapíše do kusovníku:

Kolík  $f \times l$  ČSN XX XX XX . XX

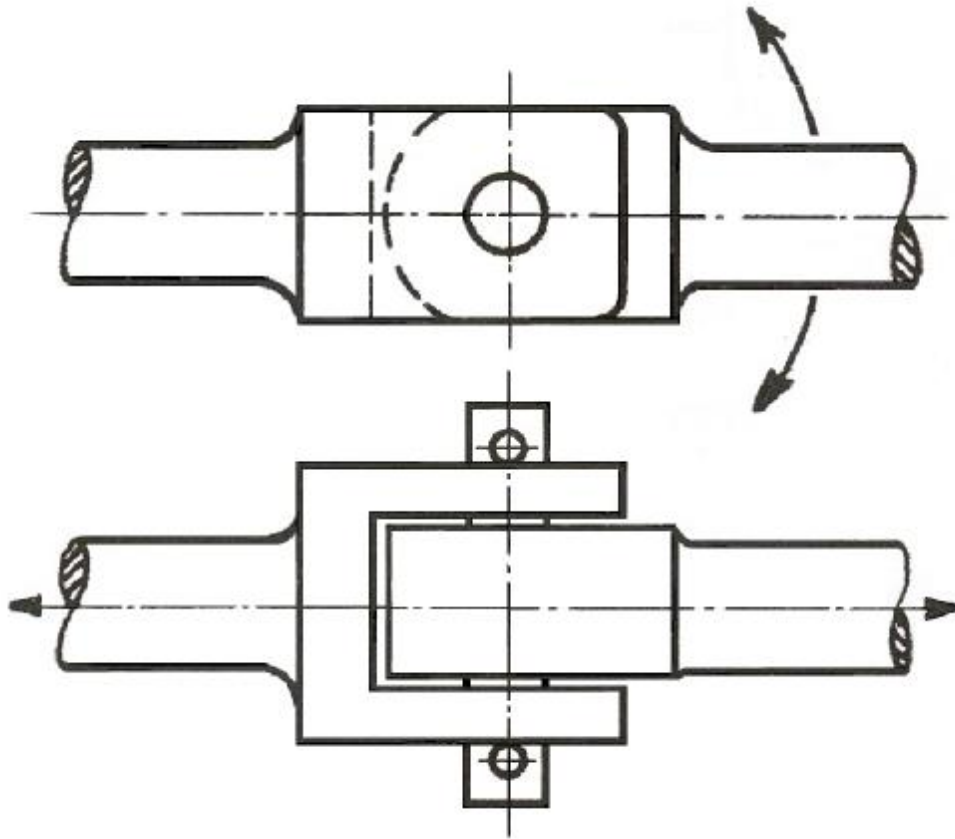
$f$ .....průměr

$l$  .....délka

ČSN .....rozměrová norma

### 2.3 Spojovací čepy

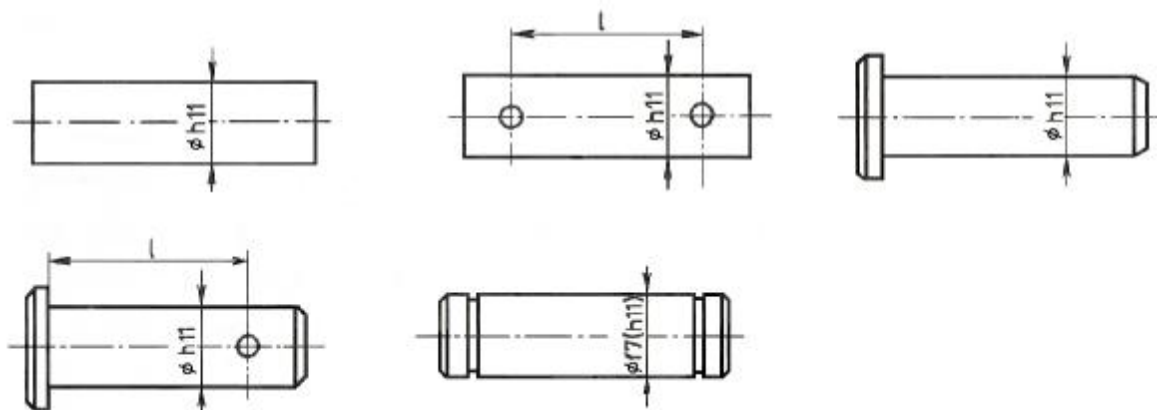
Spojovací čepy jsou válcové součásti sloužící k rozebíratelnému (kloubovému) spojení, které zpravidla přenáší síly kolmé na osu čepu.



Obr. 24 Spojení vidlice s okem pomocí spojovacího čepu

Druhy čepů:

- ◆ čepy bez hlavy
- ◆ čepy bez hlavy s dírami pro závlačky
- ◆ čepy s hlavou
- ◆ čepy s hlavou a dírou pro závlačky
- ◆ čepy s drážkami pro pojistné kroužky



Obr. 25 Čep bez hlavy, čep bez hlavy s dírami pro závlačky, čep s hlavou, čep s hlavou a dírou pro závlačku, čep s drážkami pro pojistné kroužky

Čepy mohou být normalizované nebo nenormalizované. Nenormalizované čepy kreslíme na samostatný výkres s úplným zakótováním, normalizované čepy se kreslí pouze na výkres sestavení, označí se pozicí a zapíše se do kusovníku.

Zápis normalizovaného čepu do kusovníku:

Čep 16 x 50 ČSN XX XX XX  
 Čep 16 x 50 x 40 ČSN XX XX XX

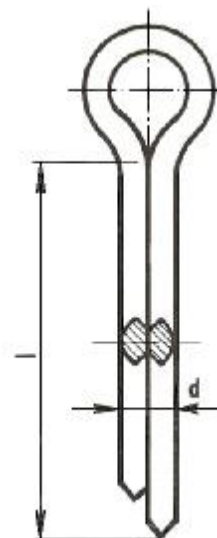
16.....průměr čepu  
 50.....délka válcové části  
 40.....rozteč děr pro závlačku  
 ČSN .....rozměrová norma

## 2.4 Závlačky

Závlačky jsou normalizované a používají se pro zajišťování čepů proti vypadnutí, spojů proti uvolnění, zajištění matice proti uvolnění nebo ztrátě. Normalizovaná závlačka se kreslí jen na výkresech sestavení většinou v příčném řezu, označí se pozicí a zapíše se do kusovníku:

Závlačka 5 x 50 ČSN XX XX XX . XX

5.....průměr  
 50.....délka  
 ČSN .....rozměrová norma

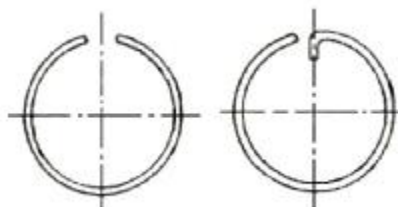


Obr. 26 Závlačka

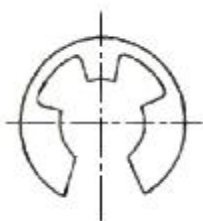
## 2.5 Pojistné kroužky

Pojistné kroužky slouží k zamezení osového posunu čepu a součástí uložených na hřídelích. Podle druhu zachycují menší nebo větší síly. Kroužky se vkládají do drážky na hřídeli nebo čepu nebo v díře, kde drží s předpětím. Z toho důvodu je pro hřídel vnitřní průměr kroužku menší než průměr drážky, u kroužku pro díru je to opačně. Kroužky se vyrábějí z pružinové oceli a rozlišujeme kroužky:

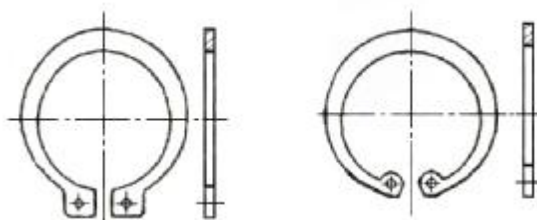
- ◆ drátěné
- ◆ třmenové
- ◆ ploché



Obr. 27 Drátěné pojistné kroužky



Obr. 28 Třmenový pojistný kroužek



Obr. 29 Ploché pojistné kroužky – pro čep, pro díru

Normalizované pojistné kroužky se kreslí jen na výkresech sestavení, a to v pohledu nebo příčném řezu, označí se pozicí a zapíše se do kusovníku:

Pojistný kroužek 21 ČSN XX XX XX

21.....průměr čepu (díry)  
ČSN.....rozměrová norma

## 2.6 Klíny

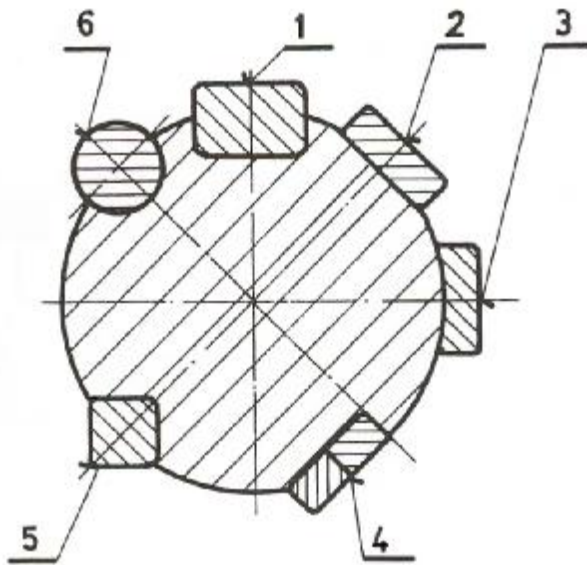
K pevnému ale rozebíratelnému spojení se používají spojovací klíny a pera. K přesnému nastavení polohy dvou součástí se používá stavěcích klínů.

Spojení klíny je založeno na principu, že při zaražení klínu do drážky mezi spojovacími součástmi dochází k jejich vzepření proti sobě a krouticí moment (osová síla) se přenáší třením. V důsledku rozepření součástí dochází vždy k určité nesouososti, proto nelze toto spojení použít tam, kde se požaduje velká přesnost chodu a kde jsou vysoké frekvence otáček.

**Spojovací klíny** rozdělujeme podle polohy podélné osy klínu vzhledem k ose spojovaných částí na klíny

- podélné
- příčné.

### Podélné klíny:



Podle dosednutí klínu na hřídel:

- 1 – klín drážkový
- 2 – klín ploský
- 3 – klín vydutý
- 4 – klín tangenciální
- 5 – klín čtvercový
- 6 – klín kruhový

Obr. 30 Druhy podélných klínů

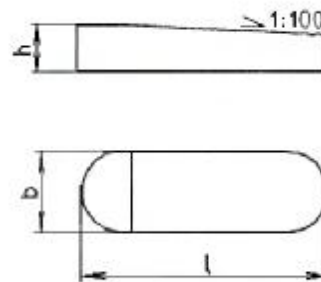
Klín vydutý může přenést třením krouticí moment, který je asi 0,4 dovoleného kroutícího momentu hřídele (krouticí moment je přenášen třením).

Klín ploský může přenést třením krouticí moment, který je asi 0,5 dovoleného kroutícího momentu hřídele (mimo třecí moment působí moment vyplývající z nerovnoměrného rozložení tlaku mezi klínem a hřídelí po zatížení spoje kroutícím momentem).

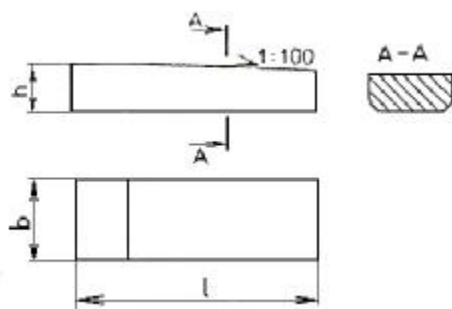
Klín drážkový může přenést krouticí moment, který je roven dovolenému kroutícímu momentu hřídele (kromě zmíněných momentů působí ještě moment od tlaků, které působí na boky klínu).

Podle tvaru dělíme podélné klíny na:

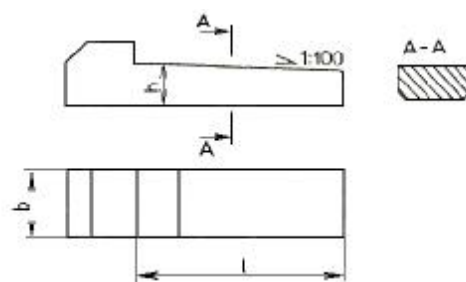
- klín drážkový bez nosu
- klín drážkový s nosem
- klín vsazený



Obr. 31 Klín vsazený



Obr. 32 Klín drážkový bez nosu



Obr. 33 Klín drážkový snosem

U spojů, kde je náboj na konci hřídele, je vyrobena drážka až do konce hřídele. Pro součásti spojované ve střední části hřídele musí mít drážka v hřídeli minimálně dvojnásobnou délku klínu. Není-li toto možné použije se vsazený klín a naráží se náboj na hřídel. Podélné klíny mají jednostranný úkos 1:100, který zaručuje samosvornost a je vždy na straně náboje.

Tam, kde je možno vyrazit klín z druhé strany se použije klín bez nosu, tam, kde není přístup ke klínu z druhé strany, se použije klín snosem.

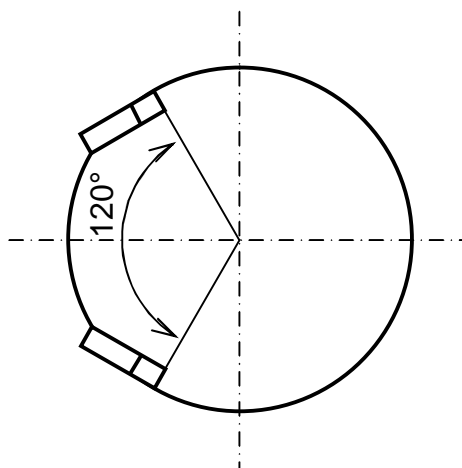
### Výhody a nevýhody spoje

#### Výhody:

- zajišťuje bez dalších úprav nastavení polohy náboje na hřídeli
- umožňuje současně i přenos osové síly v jednom směru
- má vyšší únosnost v provedení s drážkovým klínem než je tomu u spoje s perem a schopnost přenášet proměnlivý krouticí moment

#### Nevýhody:

- vlivem úkosu na klínu a v náboji a následného rozepření se nehodí pro spoje s vyššími požadavky na souosost spojení a na velikost čelního případně obvodového házení součásti na hřídeli
- nejsou příliš vhodné pro hřídele uložené v ložiskách
- s výjimkou tangenciálních klínů se nehodí pro přenos střídavého krouticího momentu
- drážka v hřídeli představuje zeslabení hřídele a vytváří konstrukční vrub z hlediska únavových vlastností hřídele (snižuje se tvarová pevnost hřídele)
- způsobují přidavné namáhání hřídele

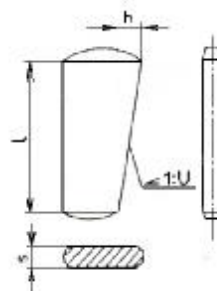


Obr. 34 Tangenciální klíny:

Mezi podélné klíny patří také klíny tangenciální, které se používají pro naklínování kol na hřídeli, namáhaném střídavými silami nebo rázy a celý krouticí moment přenášejí svými boky. Montují se vždy dva páry klínů proti sobě a je mezi nimi většinou úhlová rozteč  $120^\circ$ . Jedna dvojice přenáší krouticí moment v jednom směru, druhá dvojice ve směru opačném. Stykové plochy klínu mají úkos 1:100 až 1:60, vnější boky klínů a drážky v hřídeli a v náboji jsou rovnoběžné (bez úkosů).

### Příčné klíny:

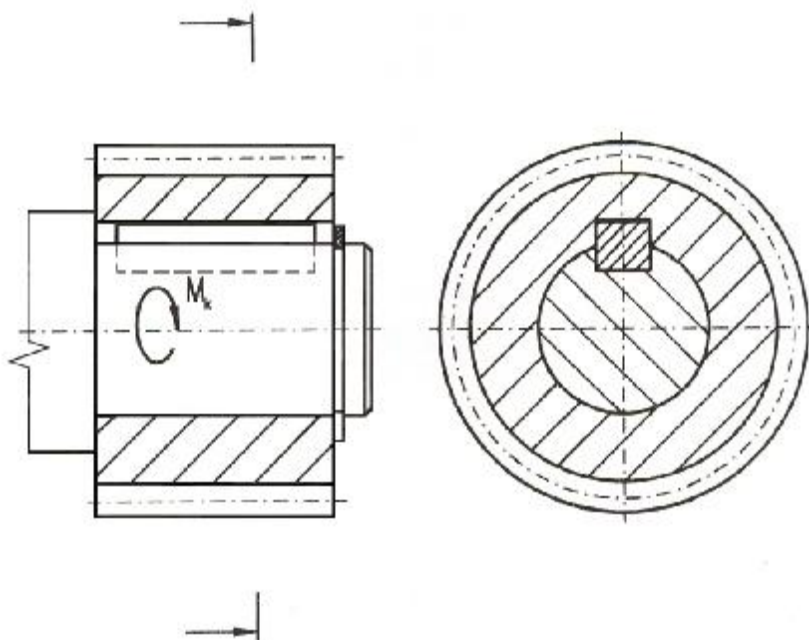
Pro spojení součástí, které přenášejí jenom osové síly, se používají příčné klíny. Přiřazení klínů k hřídelům je dáno ČSN.



Obr. 35 Příčný klín

## 2.7 Pera

Pera přenášejí krouticí moment mezi hřídelem a nábojem boky pera (tvarový styk). Přiřazení per k hřídelům je podle ČSN.



Obr. 36 Spojení hřídele s nábojem pomocí pera

### Rozdělení a použití per:

**Pera těsná** – používají se pro pevné spojení hřídele s nábojem, kde má být zachována souosost a nebude často docházet k demontážím. K zabránění osovému posunu náboje po hřídeli je nutno toto spojení pojistit (např. pojistnými kroužky, upínací kruhovou maticí KM a pojistnou podložkou MB, podložkou a maticí).

### **Výhody a nevýhody spojení:**

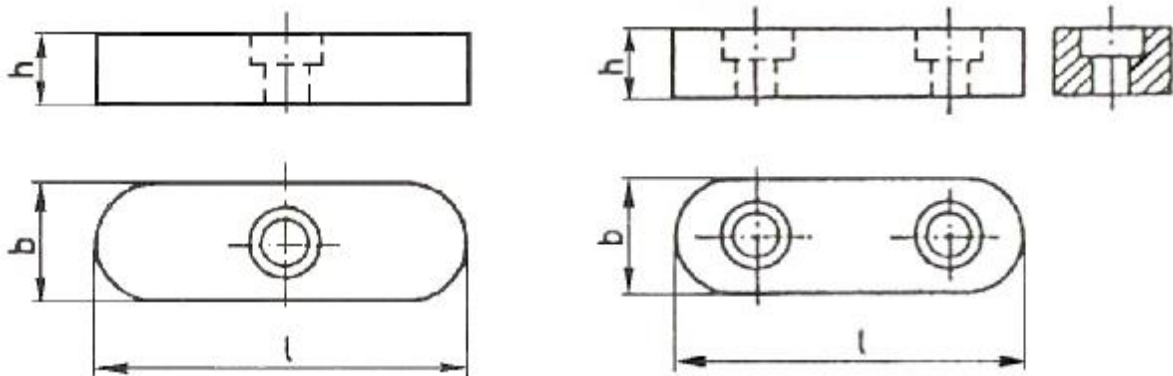
Spojení hřídele s nábojem pomocí těsného pera dává značně únosné spojení v případě málo proměnlivého krouticího momentu přináší i další výhody:

- zajišťuje dobrou přesnost vzájemné polohy hřídele a náboje
- nezpůsobuje žádné další namáhání náboje a hřídele vzhledem k tomu, že se náboj součásti na pero jen zasune
- vylučuje nebo téměř vylučuje obvodovou i čelní házivost a nevyváženost kol.

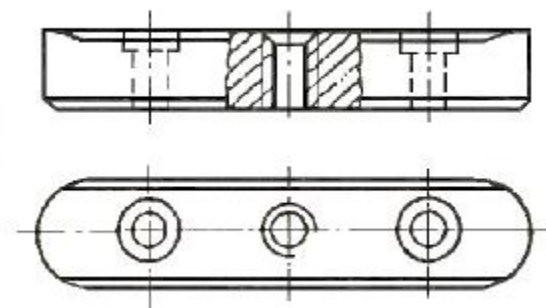
Na druhé straně má toto spojení i některé nevýhody:

- náboje součásti je třeba vesměs zajišťovat v axiálním směru
- spojení není vhodné pro případy přenosu silně proměnlivých krouticích momentů, střídavých momentů a rázů
- přechody dna drážky do jejích boků na hřídeli představují místa s koncentrací napětí, která snižují únavovou pevnost hřídele

**Pera výměnná (vodící)** – používají se tam, kde se posouvající součásti (posuvná kola) po hřídeli mají zajistit a tam, kde se budou často měnit (výměnná kola). Tyto pera je nutno v hřídeli přidržit jedním nebo dvěma šrouby se zapuštěnou válcovou hlavou. U dlouhých per se doporučuje opatřit pero, pro snadnější výměnu, závitovou dírou.

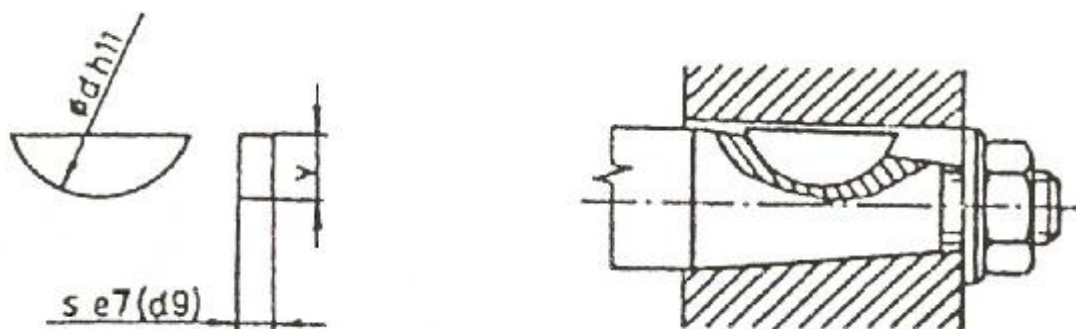


Obr. 37 Pera výměnná



Obr. 38 Dlouhé vodící pero

**Pera úsečová (Woodruffova)** – používají se pro hřídele menších průměrů a pro přenos menších krouticích momentů, protože hřídel je značně zeslaben hlubokou drážkou pro pero. Součásti je nutno pojistit proti osovému posunu.



Obr. 39 Úsečové pero

Klíny a pera mohou být normalizované a nenormalizované. Normalizované klíny a pera se kreslí pouze na výkresech sestavení, označí se pozice a zapíše se do kusovníku, nenormalizované klíny a pera se vyrobí podle výkresu, kde se klín (pero) nakreslí a úplně okótuje.

Zápis do kusovníku: Pero (klín)  $b \times h \times l$  ČSN 02 25 XX

B ..... šířka

h ..... výška

l ..... délka

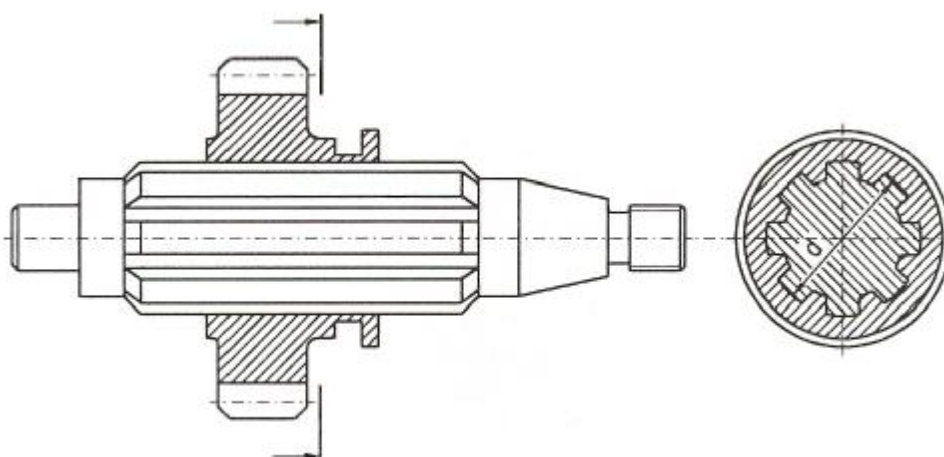
ČSN .....rozměrová norma

## 2.8 Drážková spojení

Drážkové spojení je charakteristické tím, že na hřídeli i v náboji jsou drážky a ozuby, které do sebe navzájem zapadají. Toto spojení se používá při hromadné výrobě např. v automobilovém průmyslu.

Drážkování:

- rovnoboké
- evolventní
- jemné



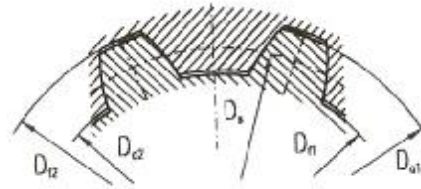
Obr. 40 Spojení pomocí drážkové hřídele – rovnoboké drážkování



Rovnoboké drážkování je normalizováno v ČSN 01 4942 ve třech řadách:

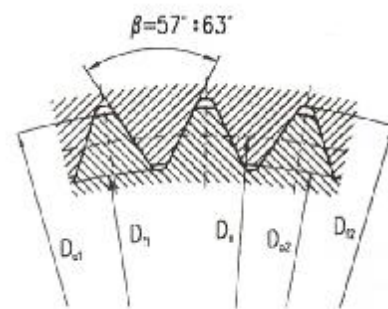
- lehká řada pro  $d = (23 - 112) \text{ mm}$  – počet drážek  $z = 6, 8 \text{ a } 10$
- střední řada pro  $d = (11 - 112) \text{ mm}$  – počet drážek  $z = 6, 8 \text{ a } 10$
- těžká řada pro  $d = (16 - 112) \text{ mm}$  – počet drážek  $z = 10, 16 \text{ a } 20$

Evolventní drážkování má profily drážek tvořeny evolventami, na hřídeli je tedy vytvořeno ozubené kolo. Toto drážkování je normalizováno pro průměry v rozsahu  $(4 - 500) \text{ mm}$  a počty drážek (zubů)  $z = 6 - 82$ .



Obr. 41 Evolventní drážkování

Jemné drážkování má drážky lichoběžníkového tvaru na hřídeli i v náboji. Drážkování je normalizováno pro průměry  $(8 - 120) \text{ mm}$  a počty drážek (zubů)  $z = 28 - 78$ . Pro průměr  $D \leq 60 \text{ mm}$  jsou boky drážek na hřídeli i v náboji rovinné, pro  $D > 60 \text{ mm}$  mají drážky na hřídeli tvar evolventní, v náboji je drážkování rovinné.



Obr. 42 Jemné drážkování

### Výhody a nevýhody drážkových spojů:

#### Výhody:

- rovnoboké a evolventní drážkování
  - přenáší velký krouticí moment při vysokých otáčkách a střídavém nebo rázovém zatížení
  - je vhodné pro uložení součástí, které se mají často posouvat po hřídeli i při zatížení, např. ozubená kola v převodové skříní
  - evolventní drážkování snižuje únavovou pevnost hřídelů podstatně méně než rovnoboké drážkování
  - evolventní drážkování umožňuje realizovat různá uložení od volně posuvných až po nalisování
  - evolventní drážkování je z hlediska svých vlastností jednoznačně nejvýhodnější spojení hřídele s nábojem především pro seriovou a hromadnou výrobu
- jemné drážkování
  - malá délka náboje součásti
  - možnost pootočení součásti na hřídeli o libovolný počet drážek
  - menší zeslabení hřídele i náboje než u rovnobokého a evolventního drážkování

#### Nevýhody:

- nutnost axiálního pojištění náboje součásti
- snížení únavové pevnosti v důsledku napětí v rozích drážek v hřídeli i v náboji a to zejména při střídavém charakteru krouticího momentu
- dražší výroba proti spojení perem

## 2.9 Svěrné spoje

Svěrné spojení jsou rozebíratelné spojení přenášející kroučící moment a osovou sílu na principu tření na základě:

- sevření jedné součásti druhou (spojení sevřením)
- vzepřením jedné součásti v druhé (spojení vzepřením)
- kombinace obou předcházejících způsobů (kombinované spojení)

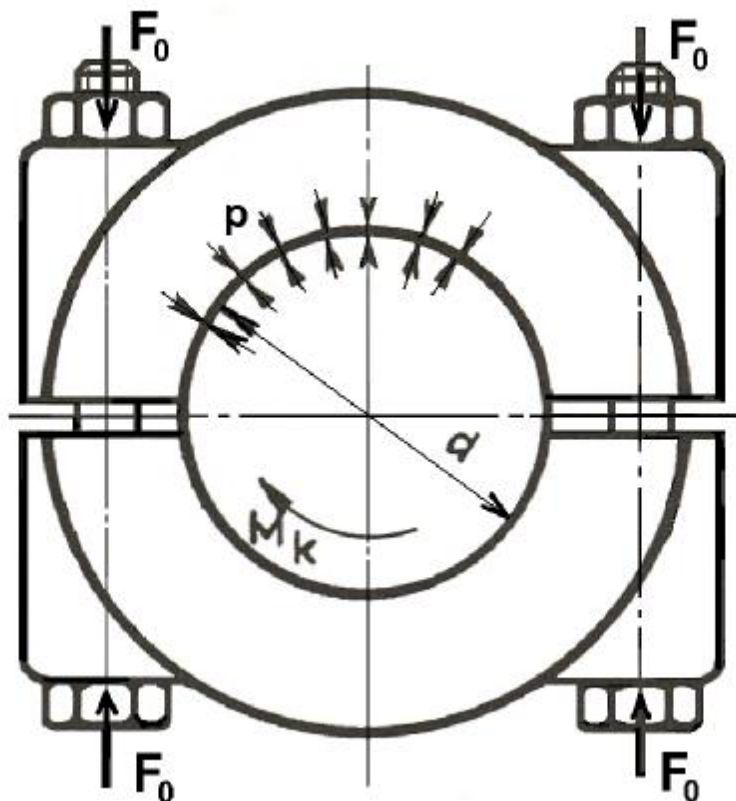
Přítom vznikají dotykové tlaky ve stykových plochách součástí, tření vyvolané dotykovými tlaky umožňuje přenos kroučících momentů nebo sil. Současně dochází k pružným deformacím spojovaných částí.

### 2.9.1 Spojení sevřením

Obě poloviny náboje jsou přitlačovány na hřídel šrouby, které musí vyvinout takovou sílu  $F_0$ , aby třecí moment  $M_T$  zajistil s dostatečnou bezpečností  $n$  proti prokluzu přenos kroučícího momentu  $M_k$ :

$$M_T = n \cdot M_k, \quad n \geq 1,2$$

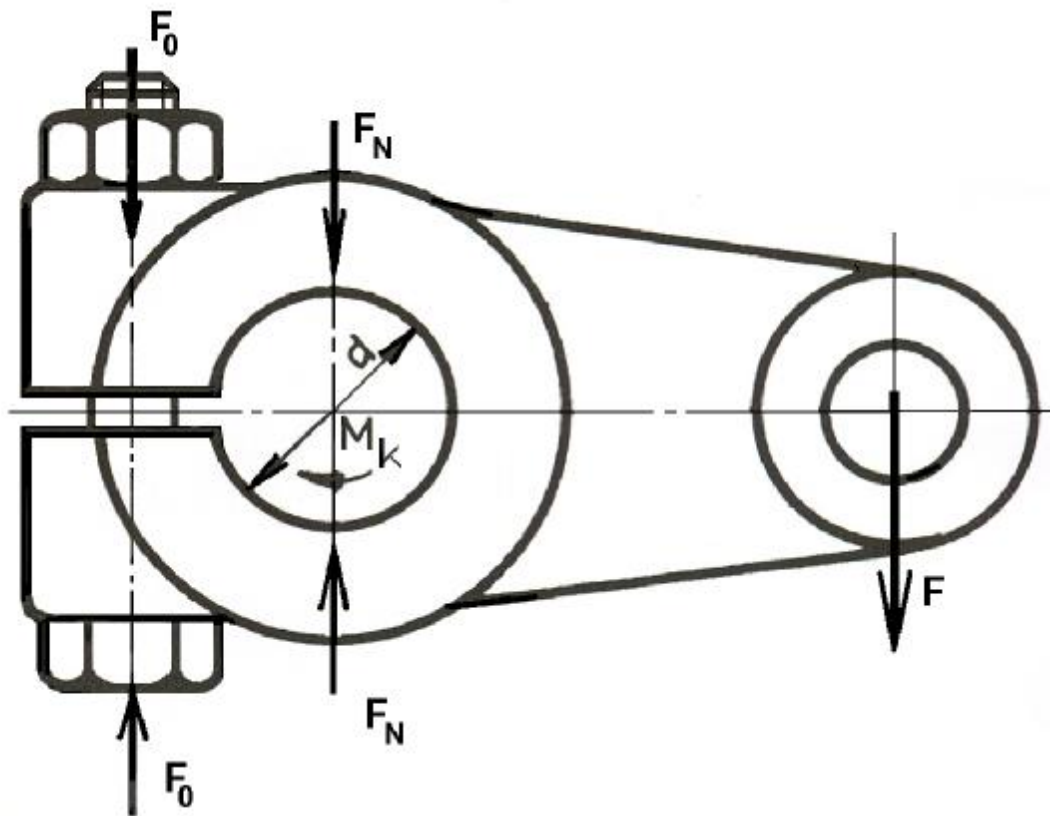
Je-li hřídel v náboji uložen bez vůle, lze předpokládat rozložení tlaku v dotykové ploše mezi hřídelí a nábojem. Při uložení s vůlí se náboj stýká jen v určité části válcové plochy, v mezním teoretickém případě by se náboj stýkal s hřídelem jen ve dvou protilehlých povrchových přímkách. Spoj bez vůle přenese větší kroučící moment než spoj s dotykem pouze v povrchových přímkách (uložení s vůlí).



Obr. 43 Svěrný spoj sevřením – spoj děleného náboje

Často se používá také spojení hřídele jednostranně rozříznutým nábojem. U tohoto spoje musí utažení šroubu vyvodit jednak svěrnou sílu  $F_N$  a jednak musí překonat odpor náboje proti pružné deformaci.

V obou případech volíme pro průměr hřídele a otvoru náboje přechodné uložení s malou vůlí.



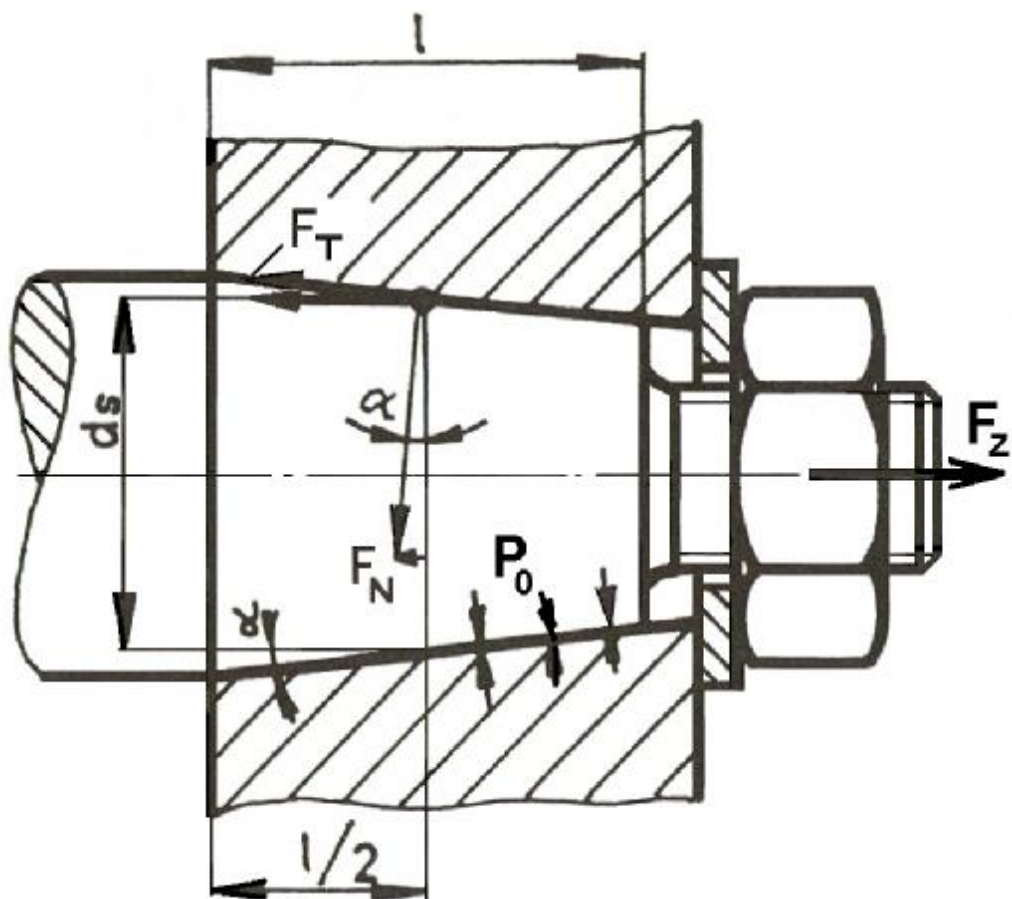
Obr. 44 Svěrný spoj sevřením – spoj s jednostranně rozříznutým nábojem

### 2.9.2 Spojení vzepřením

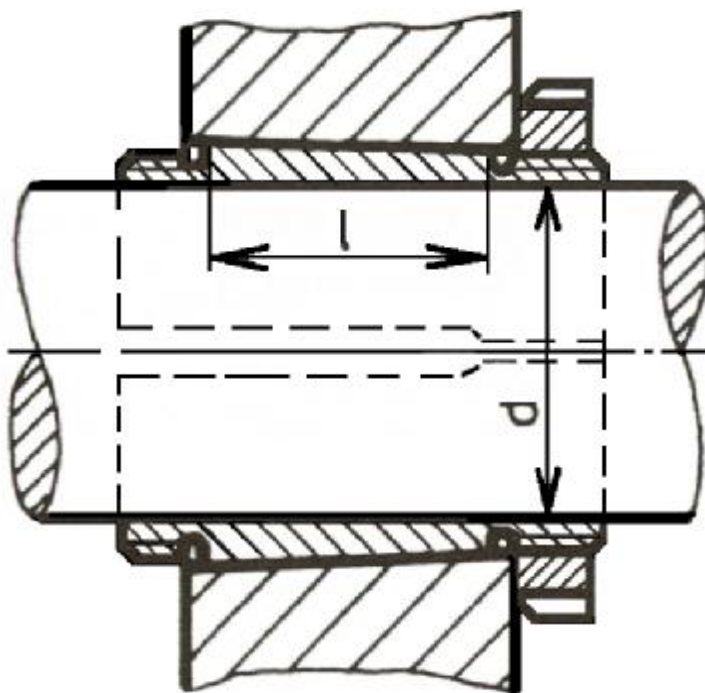
Spojení lze realizovat tak, že kuželový konec (čep) hřídele je vtahován do díry v náboji (pomocí šroubového spojení). Tímto dojde k vzepření kuželového čepu v náboji a k silovému styku ve stykové ploše mezi kuželovým čepem a nábojem. Tento silový styk je charakterizován dotykovým tlakem  $p$ , jehož velikost závisí na velikosti zatahovací síly  $F_z$ . Kuželovitost čepu se volí 1 : 5 až 1 : 10.

### 2.9.3 Spojení kombinované

Příkladem je použití kuželového pouzdra na jedné straně rozříznutého pro upevnění náboje součásti mimo konce hřídele. Toto pouzdro se vtahuje do kuželové díry v náboji hřídelovou maticí s jemným závitem. Tím dochází jednak k sevření hřídele pouzdrem a jednak ke vzepření kuželové části pouzdra v náboji. Pro vytažení z náboje mají pouzdra na vyčnívajícím konci rovněž závit pro matici. Kuželovitost pouzder je v rozsahu 1 : 10 až 1 : 15.



Obr. 45 Svěrný spoj vzepřením



Obr. 46 Svěrné spojení kombinované

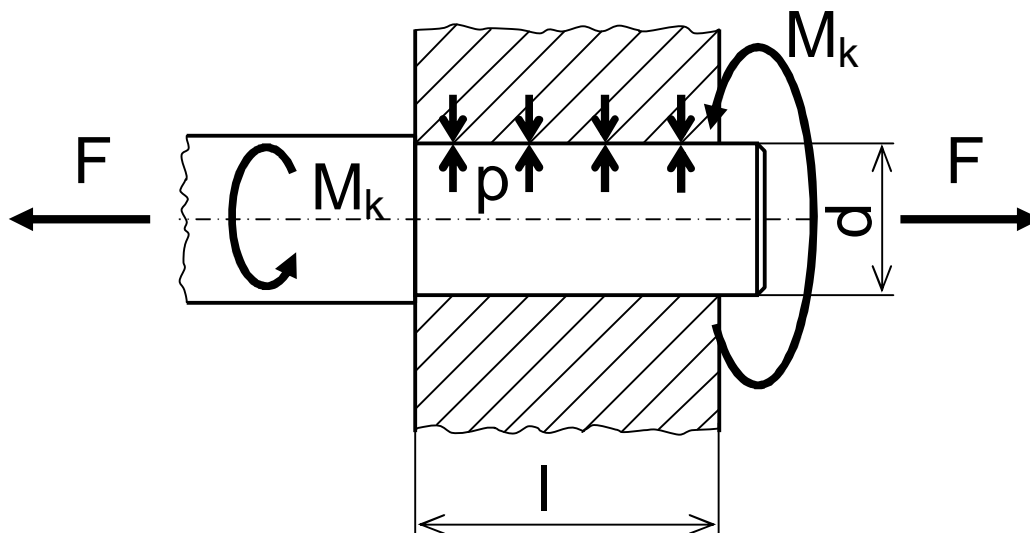
### 3. Nerozebíratelné spoje

Nerozebíratelného spojení dosáhneme:

- nalisováním
- zděření
- nýtováním
- svařováním
- pájením
- lepením

#### 3.1 Nalisováním – tlakové spoje

Jsou to nerozebíratelné spoje se silovým stykem. Tlak mezi hřídelí a nábojem vznikne jejich spojením při zaručeném minimálním přesahu hřídele. Mají široké použití i pro rázová a střídavá namáhání. Spoj není zeslaben drážkami, náboj je na hřídeli vystředěn. Nutné je přesné dodržení rozměrů, které zaručí minimální přesah.



Obr. 47 Spojení nalisováním

Podle způsobu výroby může vzniknout tlakový spoj:

Lisováním za studena, s použitím spíše pro menší rozměry, uložení se volí nejčastěji H7/r6, H7/s7. Montáž se provádí klidnou tlakovou silou, např. pomocí hydraulického lisu.

Smrštění po ohřevu náboje, spoj vhodný pro větší rozměry, např. nákolky kol železničních vagónů. Ohřev umožňuje větší přesahy.

Roztažením po ochlazení hřídele, spoj vhodný pro menší čepy a hřídele, provede se v kapalném plynu.

Pro natahování menších součástí je třeba použít většího teplotního rozdílu než u větších. Dále ohřev závisí na délkové roztažnosti  $\alpha$ . Ohřívání je nutno provádět velmi opatrně, zejména u tepelně zpracovaných materiálů, aby nenastaly nežádoucí změny ve struktuře.

Ohřev součásti je prováděn v neutrálním prostředí, aby nedošlo k oxidaci povrchu. Musí probíhat pozvolna, aby došlo k rovnoměrnému prohřátí. Nedoporučuje se překračovat teplotu 300° u oceli, protože v okolí této teploty ocel křehne.

Ochlazování je prováděno v tuhém CO<sub>2</sub> (asi – 70°) nebo tekutém vzduchu. U velkých přesahů a malých součástí, kde by byla nutná vysoká teplota ohřevu, kterou by ocel nesnášela, je možno kombinovat nižší ohřátí a dolisování lisem.

Spojení je možno uvolnit rychlým a silným ohřátím vnější součásti, ochlazení vnitřní a poté může být spojení lisem rozebráno. Je – li k dispozici silný lis, může být spojení rozebráno přímo.

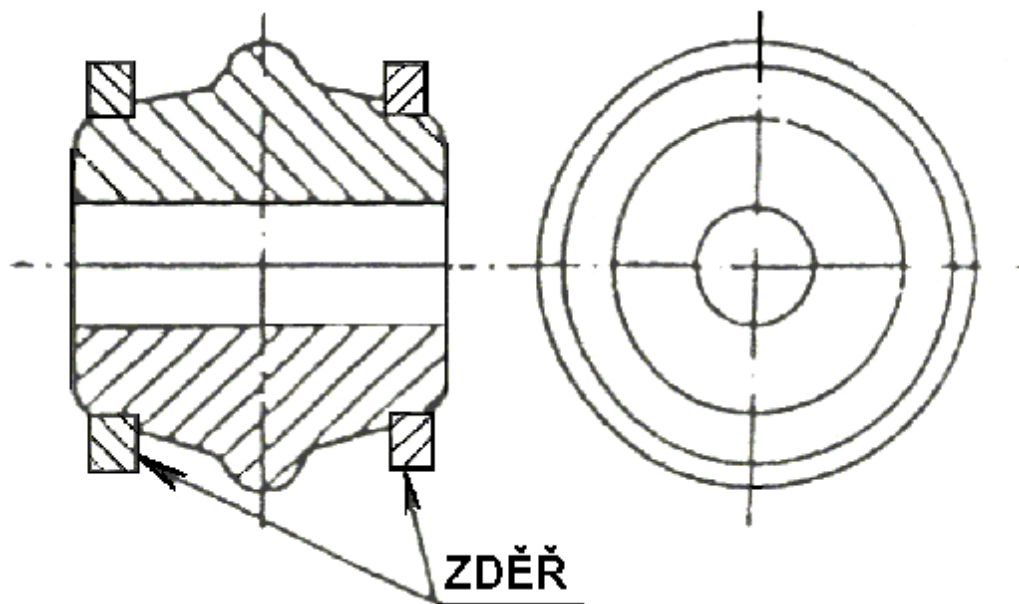
Spoje montované za tepla mají větší únosnost než spoje montované za studena, neboť ztráta otřením přesahu je menší. Z hlediska ztráty přesahu otřením mají styčné plochy s malou drsností větší únosnost.

### 3.2 Spojení zděremi

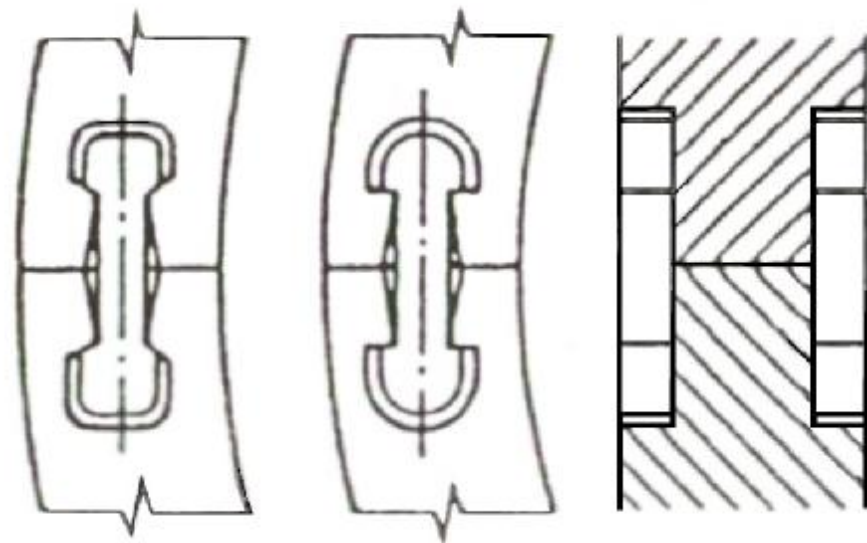
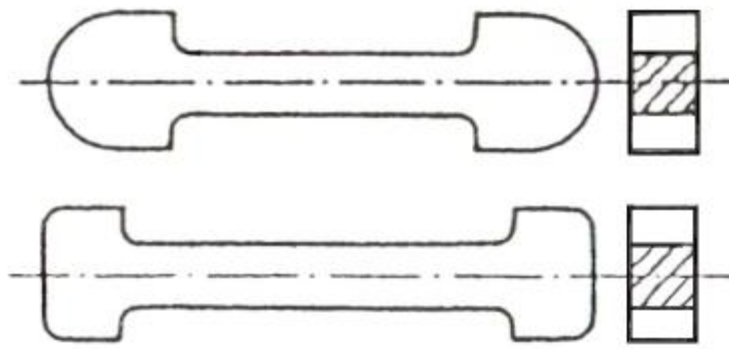
Zděře se používají k trvalému pevnému spojení dělených a velkých součástí jako jsou setrvačníky, rotory, základové rámy apod., které přenášejí velké síly a jsou rázově zatěžovány. Zděře jsou v každém případě ukládány s přesahem.

Zděře dělíme na:

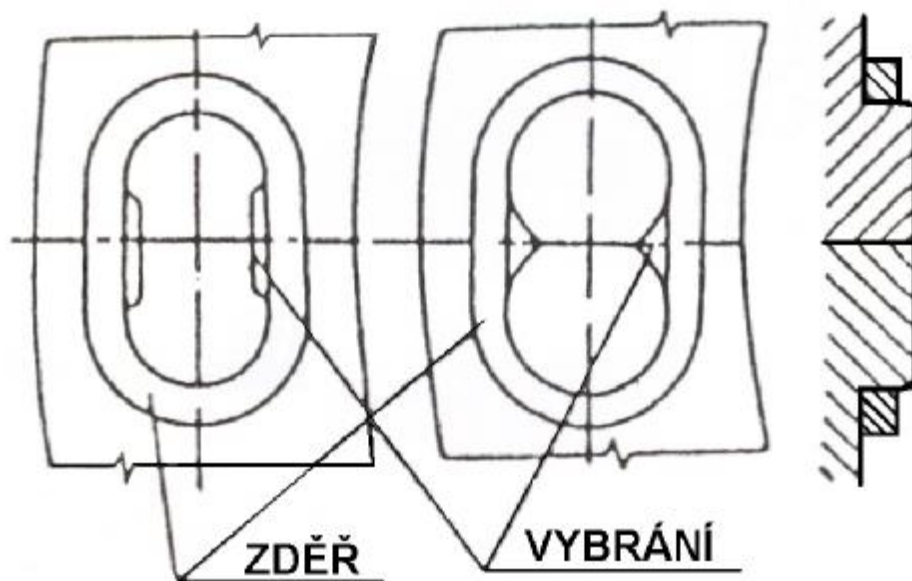
- kruhové používají se ke spojení nábojů setrvačnicků, ozubených kol, apod., které jsou rozdělené z montážních důvodů. S ohledem na jednoduchou výrobu jsou to nejčastěji používané zděře.
- ploché – slouží pro spojení těžkých řemenic, setrvačnicků apod.
- oválné – mají stejné použití jako ploché, jsou spolehlivější, ale jejich výroba je náročnější
- čepové se používají tam, kde nelze provést vybrání nebo zděř oválnou a také tam, kde je nutné dodatečné stažení prasklých částí.



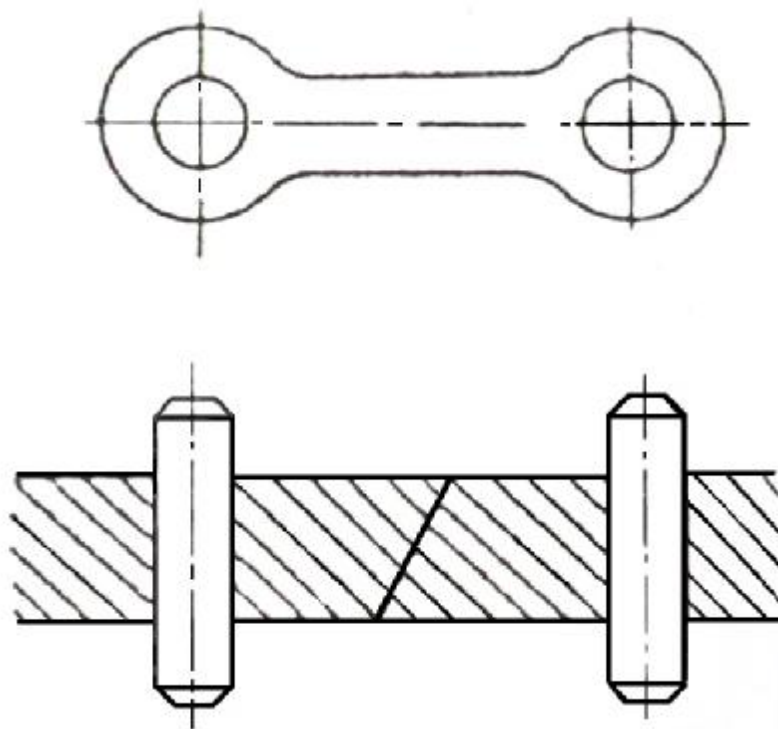
Obr. 48 Kruhová zděř



Obr. 49 Ploché zděře



Obr. 50 Oválné zděře



Obr. 51 Čepová zděř

Vlastní montáž se provádí ohřátím zděře na takovou teplotu, kdy místo přesahu nastane vůle a zděř lze lehce nasadit. Po vychladnutí se zděř smrští a pevně sevře spojované součásti za současného vzniku pružných deformací. Montáž zděří se provádí souměrně (z obou stran současně), aby nedošlo k pokřivení součástí jednostrannou deformací. Dosedací plochy musí být dostatečně hladké, aby se otlacením nezmenšil přesah.

Demontáž je možná po ohřátí zděře a současného ochlazení spojených částí. Při opětovné montáži již nelze zaručit pevnost spoje.

Zděře se vyrábějí z houževnatých ocelí třídy 11.

### 3.3 Nýtování

Nýtové spoje lze provést dvojím způsobem:

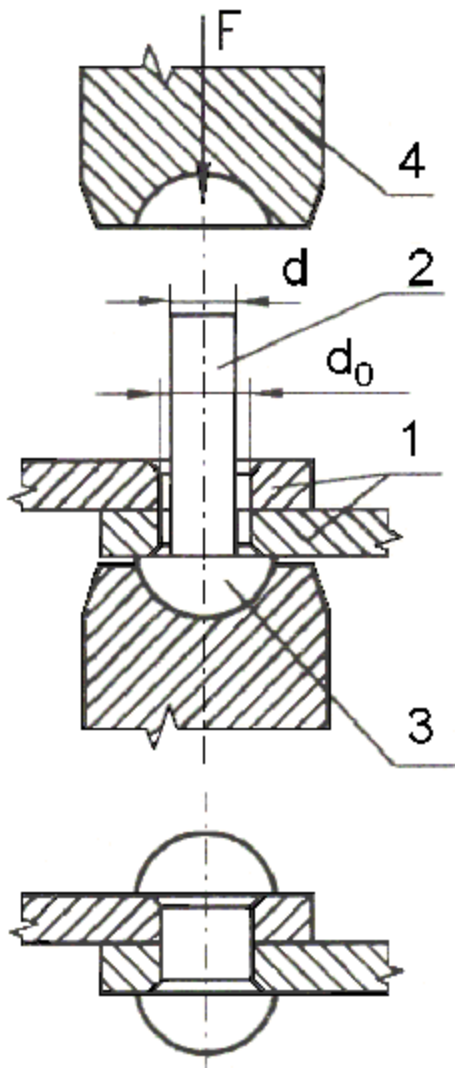
- přímé nýtování – roznýtováním (rozehnáním) jedné ze spojovaných součástí, která je vložena do díry v druhé součásti
- nepřímé nýtování – spojení jedním nebo několika nýty, které se vkládají do děr ve spojovaných součástech

Nýtové spoje jsou výsledkem technologického procesu, který nejčastěji probíhá tak, že po vložení nýtu 2 do otvoru ve spojovaných částech 1 se podepře průměrná hlava nýtu 3 a závěrná hlava nýtu se vytvoří roznýtováním vyčnívajícího konce válcového dřívku nýtu pomocí hlavičkáře 4. Toho se dosáhne údery ručního nebo pneumatického kladiva nebo pomocí strojního lisování, kdy se tlak na hlavičkář plynule zvyšuje. Nýtování probíhá buď za studena ( $d \leq 9\text{mm}$ ) nebo za tepla ( $d \geq 10\text{mm}$ ). Při nýtování za tepla se nýty ohřívají na teplotu vyšší než  $700^\circ\text{C}$  – strojní nýtování nebo na teplotu do  $1000^\circ\text{C}$  až  $1100^\circ\text{C}$  – ruční nýtování.

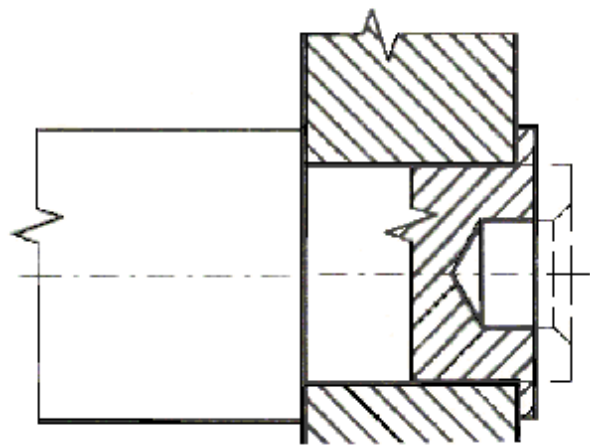
Proces nýtování musí být ukončen do teploty nýtu  $500^\circ\text{C}$ . Výsledkem tohoto procesu je pevné



nerozzebíratelné spojení. Nýtový spoj lze také provést jako přímé spojení tím způsobem, že roznýtujeme přímo jednu součást v druhou bez použití nýtů.



Obr. 52 Princip nýtování



Obr. 53 Spojení roznýtováním konců

Nýtové spoje můžeme použít na 4 základní typy spojů podle účelu a podle požadavků na vlastnosti spoje:

- *spoje pevné* – používají se v ocelových konstrukcích různých sloupů, jeřábů, mostů, budov apod. Tyto spoje přenášejí pouze síly, nemusejí těsnit (nýtování konstrukční)
- *spoje pevné a nepropustné* – používají se při výrobě kotlů, nádrží a potrubí s vnitřním nebo vnějším přetlakem. Vedle požadavku na přenos silového zatížení musí zajišťovat i požadavek těsnosti (nýtování kotlové)
- *spoje nepropustné* – používají se u otevřených nádrží nebo u nádob jen s velmi malým přetlakem. Hlavním požadavkem na spoj je jeho těsnost, silové namáhání je malé

- *spoje stehové* – používají se u spojů bez zvláštních požadavků na pevnost a těsnost – např. při výrobě plášťů strojů apod.

Nýtové spoje lze dále rozdělit podle počtu průřezů namáhaných na střiž na:

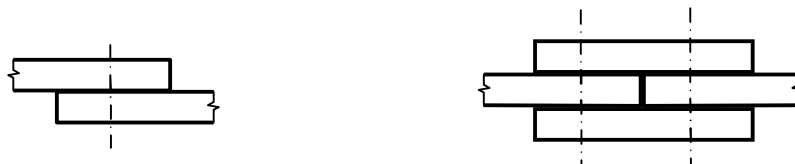
- *jednostřižné*
- *dvojtřižné*

počtu nýtových řad na:

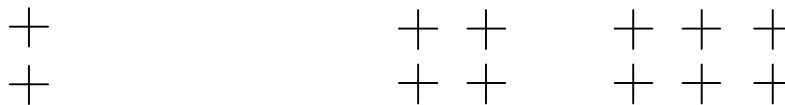
- *jednořadé*
- *víceřadé*

vzájemné polohy spojovaných i dalších částí na:

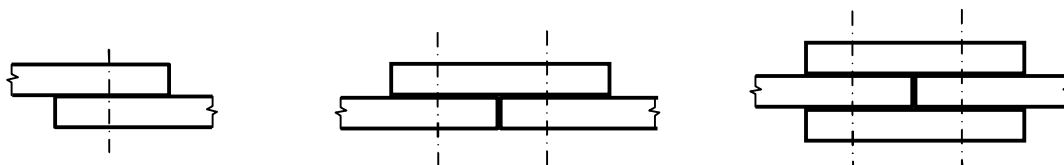
- *přeplátované*
- *spoje s jednou stykovou deskou*
- *se dvěma stykovými deskami*



Obr. 54 Jednostřižný a dvojtřižný nýtový spoj

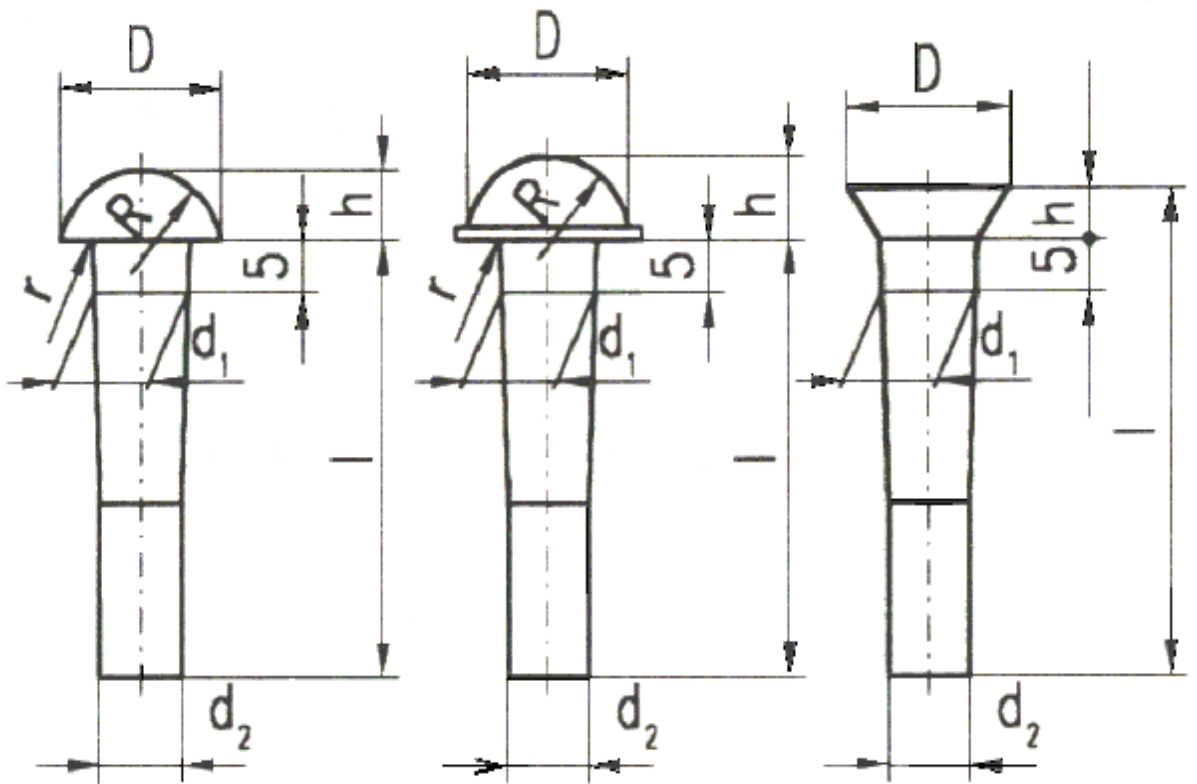


Obr. 55 Jednořadé a víceřadé nýtové spoje



Obr. 56 Přeplátovaný spoj, spoj s jednou stykovou deskou, spoj se dvěma stykovými deskami

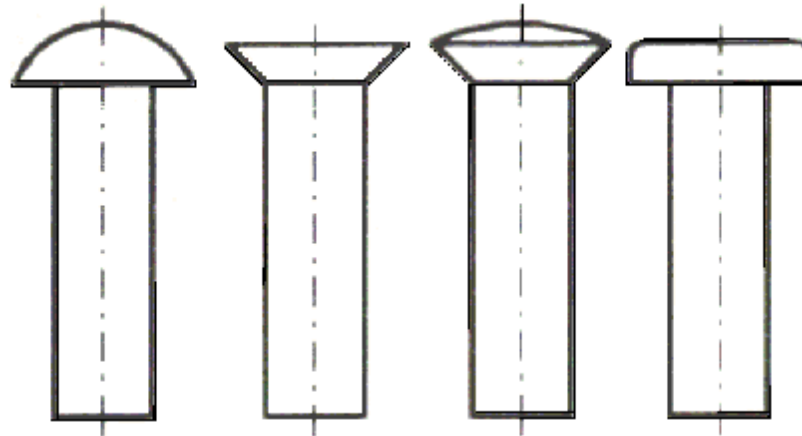
Pro nýtování se používají nejčastěji jen normalizované nýty. Konstrukční i kotlový nýt mají u hlavy kuželový dřík, který přechází do části válcové, kdyby vyčnívající hlava překážela, použije se nýtů se zápustnou hlavou. Nýty malých průměrů do 9 mm mají celý dřík válcový a vyrábějí se s různými tvary průměrných hlav.



Obr. 57 Konstrukční nýt

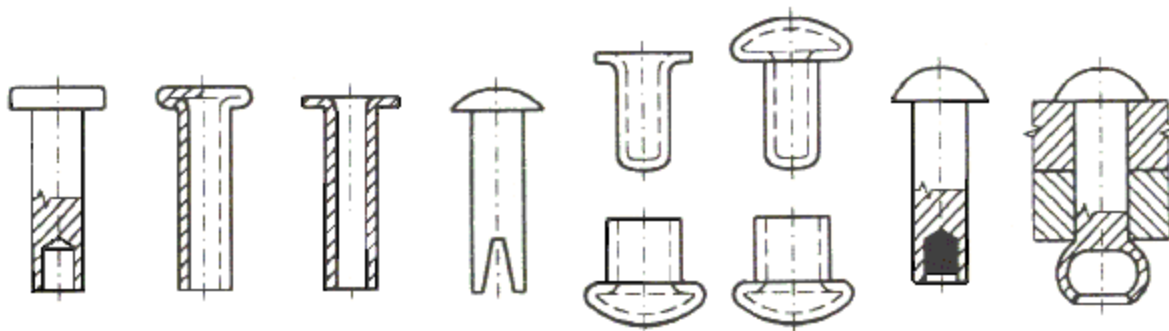
Obr. 58 Kotlový nýt

Obr. 59 Nýt se zápustnou hlavou



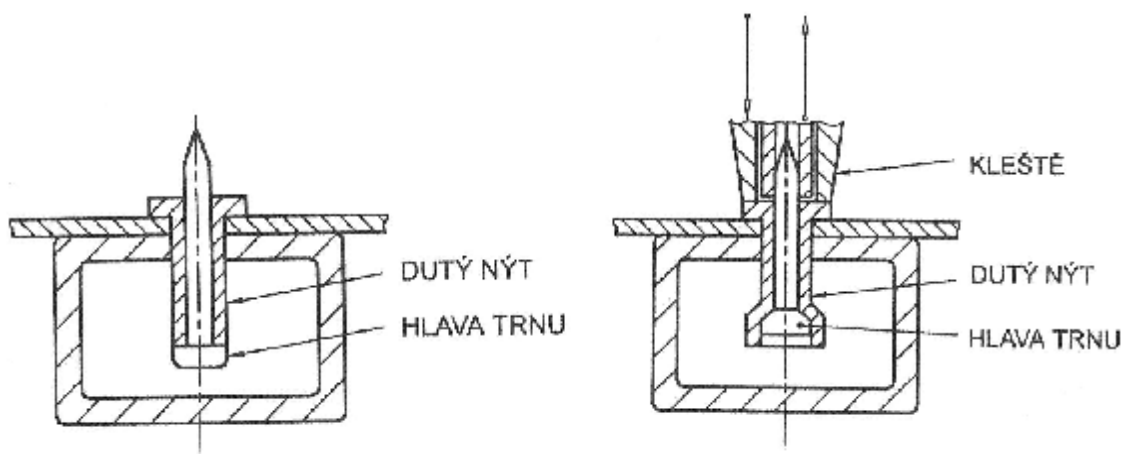
Obr. 60 Malé nýty s různými tvary průměrných hlav

V malých konstrukcích, v jemné mechanice a v elektronice se používají nýty navrtané nebo trubkové, pro připevnění kůže nebo plastů se používají rozvidlené nýty, které nevyžadují vrtání otvorů. Dále jsou nýty dvojdílné a výbušné – tyto se používají v situacích, kdy je nýt přístupný jen z jedné strany. Dřík nýtu není přechován, proto se vsazuje do nýtového otvoru s přesahem.



Obr. 61 Navrtný nýt, trubkové nýty, rozvidlený nýt, dvojdílné nýty, výbušný nýt – výchozí a konečný tvar

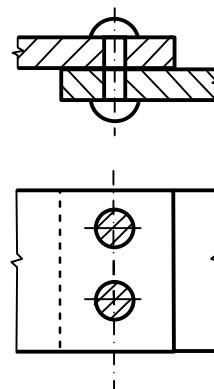
Nýtování v nepřístupných místech je možné pomocí nýtu s trnem. Hlava trnu, který je tažen speciálními kleštěmi, provede roznýtování dutého trnu.



Obr. 62 Nýtování v nepřístupném místě

*Kreslení nýtových spojů:*

V podrobně zobrazených nýtových spojích se zobrazí nýty vždy zatažené s oběma hlavami a to i v pohledu zepředu, kdy snýtované části jsou nakreslené v řezu, pohled shora vždy v příčném řezu dřívkem (bez hlavy) bez znázornění zkosení hran.

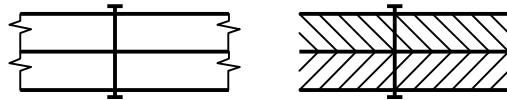


Obr. 63 Zobrazení nýtovaného spoje

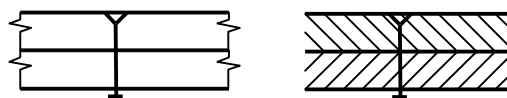
Na výkresech v malém měřítku se nýty zobrazují zjednodušeně

- v řezu a pohledu
- v pohledu shora křížkem kresleným tenkými plnými čarami
- několik skupin nýtů různých druhů a rozměrů se rozliší písmeny velké abecedy nebo grafickými značkami a následným vysvětlením v technických požadavcích – v nástavbě popisového pole.

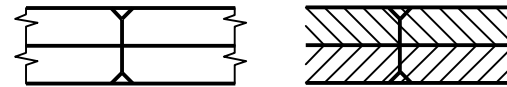
nýt s půlkulovou nebo plochou hlavou na obou koncích, trubkový nýt s lemovanou hlavou:



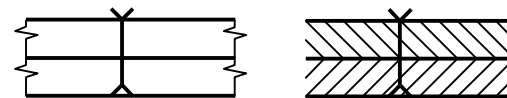
zápustný nýt s půlkulatou hlavou závěrnou:



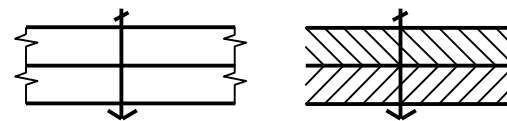
zápustný nýt se zápustnou hlavou závěrnou:



zápustný nýt s čočkovitou hlavou a se zápustnou hlavou závěrnou:

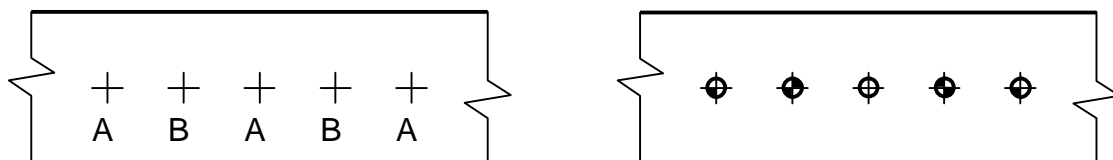
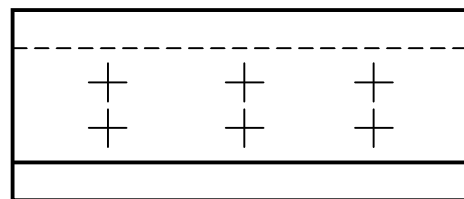


zvláštní nýty:



Obr. 64 Zjednodušené zobrazení v pohledu a řezu

Obr. 65 Zjednodušené zobrazení v pohledu shora



Obr. 66 Zjednodušené zobrazení několika skupin nýtů různých druhů

### 3.4 Svařování

Spojení svařováním je jedno z nejpoužívanějších spojení, které se používá nejen jako výrobní technologie, ale i při opravách a modernizacích. Podle toho, jakým způsobem se vytvořil svarový spoj, rozdělujeme svařování na tavné a tlakové.

U tavného svařování vznikne natavením povrchů spojovaných částí a přídavného materiálu a po následném vychladnutí pevné spojení těchto částí v jeden celek. Přídavným materiálem je svařovací drát nebo elektroda.

U tlakového spoje se materiál ohřeje do plastického stavu a tlakem se spojí.

#### Tavné svařování

Podle zdroje tepla máme svařování:

- elektrickým obloukem – zdrojem tepla je elektrický oblouk o teplotě až 4000°C, který vznikne mezi kovovou elektrodou a základním materiálem. Elektroda je z přídavného materiálu. Při svařování pod tavidlem hoří oblouk mezi holou elektrodou (svařovacím drátem) a základním materiálem pod vrstvou svařovacího prášku, při svařování v ochranné atmosféře uvnitř plynového pláště. Jako ochranného plynu se používá argonu, helia, ale nejčastěji kyslíčnicku uhličitého (je nejlevnější).
- plamenem – zdrojem tepla je spalování plynů (acetylén, směs propanu a butanu) v kyslíku při teplotě až 3100°C. Přídavný materiál vzniká odtavením svařovacího drátu stejného nebo podobného složení jako má základní materiál. Tenké plechy do 4 mm se svařují přímo bez svařovacího drátu natavením svých okrajů.

Vedle těchto dvou základních nejčastěji používaných způsobů tavného svařování se dále používá svařování:

- plazmové – hořící oblouk vytváří plazmu rozkladem plynů (argon, dusík, vodík...) na elektrony a ionty. Do plazmy je možno přivádět přídavný materiál ve formě prášku. Tímto způsobem je možno svařovat plechy do tloušťky 20 mm a také velmi tenké fólie od tloušťky 0,02 mm
- elektronové – svazek elektronů se vysokým napětím ve vakuu urychlí a elektromagnetickou čočkou usměrní do místa svaru, což umožní svařovat kovy i s vysokou teplotou tavení, nebo kovy s různými vlastnostmi (měď a ocel) a také s různými tloušťkami (0,05 – 100 mm)
- atomové – umožňuje spojení částí z vysokopevnostních nebo žáruvzdorných ocelí nebo navařování tvrdokovů
- laserové

Výsledkem svařování je svar, který má vykazovat stejné mechanické vlastnosti jako materiál základní (materiál svařovaných dílců). Kvalita svarů je ovlivňována chemickými a metalurgickými vlastnostmi základního materiálu, složením elektrod i základního materiálu, zdrojem tepla a schopnostmi svářeče. Svařovat se dají jen materiály svařitelné (ocel, litina, slitiny hliníku, hořčíku, niklu, zinku i umělé hmoty). Nejčastěji svařujeme oceli. Jejich svařitelnost záleží na jejich složení. Fosfor a síra zhoršují svařitelnost a jejich obsah nemá

překročit 0,1%. Svařitelnost ocelí zhoršují všechny přísady, které zvyšují jejich kalicí schopnosti. Oceli uhlíkové s obsahem do 0,2% lze svařovat všemi způsoby, s obsahem nad 0,25% musí po svařování chladnout pomalu, aby nedošlo k zakalení. Svařitelnost litých ocelí je horší než ocelí tvářených. Litina se svařuje jen při opravách, je třeba používat speciální elektrody a svařovaný kus nahřát. Neželezné kovy lze svařovat jen za zvláštních podmínek. Umělé hmoty se svařují proudem horkého vzduchu.

Zdrojem přídavného materiálu, který tvoří vlastní svar, jsou u svařování plamenem svařovací dráty nebo pro svařování elektrickým obloukem elektrody. Přídavný materiál se roztaví a roztavený přichází do styku se vzduchem a nastávají v něm metalurgické změny. Materiál elektrody má jiné chemické složení než přídavný materiál v hotovém svaru.

Při svařování holým drátem proniká vzduch k roztavenému kovu jak základnímu, tak i přídavnému. Tekuté kovy přijímají ze vzduchu kyslík a dusík, legující prvky (C, Mn, Cr, Ni apod.) se spalují. Materiál svaru i základní materiál v okolí místa svaru změni chemické složení a tím i vlastnosti. Je prostoupen struskou, póry a bublinkami. Jakost svaru se podstatně zlepšuje přísadou struskotvorných látek, které jsou buď rozptýlené v kovu elektrod, nebo jsou obsaženy v jejich obalu.

Obaly elektrod obsahují látky, které se taví současně s jádrem elektrod, podporují hoření elektrického oblouku, chrání roztavený kov před působením vzduchu, dávají svaru zušlechťující přísady, zvyšují teplotu a tekutost svarové lázně, vytváří souvislou vrstvu strusky na povrchu svaru a tím zmenšují rychlost ochlazování.

Elektrody a svařovací dráty jsou normalizovány. Při volbě elektrod je nutno uvážit materiál svařovaných součástí, druh a polohu svaru. Průměr elektrody je závislý na tloušťce svařovaného materiálu a na intenzitě tepelného zdroje.

Při svařování elektrickým obloukem se vytváří elektrický oblouk mezi materiálem svařovaných dílců a elektrodou, teplo oblouku je koncentrováno na malou plochu a natavení základního materiálu je velmi rychlé. Po svaření roztavený kov tuhne, na rychlosti tuhnutí záleží čistota svaru. Struska má vyplavat na povrch a rozpuštěné plyny se vylučují. Je-li chladnutí rychlé, vytváří se ve svaru struskové vměšky, póry a bublinky. Chladnutí již tuhého kovu ovlivňuje vlastnosti svaru. Při pomalém chladnutí probíhají ve svaru i v jeho okolí strukturní změny normálně a kov se vrátí do původního stavu. Při rychlém chladnutí se některé oceli zakalí, tím materiál ztvrdne a zkřehne. Čím je materiál kvalitnější, tím menší rychlost stačí k jeho zakalení. Rychlost chladnutí svaru a tím i stupeň zakalení jsou závislé na tloušťce svařovaných dílců a na způsobu svařování.

Na svarech po svaření vznikají vnitřní pnutí a různé nestejnomyernosti, které se odstraňují tepelným zpracováním svarků – celý svarek nebo jen svar s okolím se ohřeje a nechají se zvolna vychladnout.

### Svařování tlakem

- Z různých způsobů svařování tlakem se nejčastěji používá svařování elektrickým odporem:

- § svařování na tupo

- § přeplátováním

- bodové
- švové
- bradavkové

Po dosažení dostatečné hloubky natavení se svařované části k sobě přitlačí velkým tlakem a tím se svaří.

- svařování třením – k ohřevu v místě spojení se využívá tepla vznikajícího při suchém tření. Třecí svařování umožňuje spojovat rotační součásti, kdy obě součásti jsou v místě spoje k sobě silově přitlačovány a jedna z nich rotuje. Tento druh svařování umožňuje spojovat součásti z různých druhů ocelí, ale i s jinými kovy a je použitelný i pro spojování součástí z některých plastů.

### Druhy tavných svarů

Podle průřezu a vzájemné polohy svařovaných součástí jsou svařky:

- tupé
- lemové
- koutové
- děrové
- žlábkové

**Tabulka 3** Druhy tupých svarů:

	Znak svaru	Název	s <sub>1</sub> [mm]	s <sub>2</sub> [mm]	Tvar svaru
oboustranná úprava hran		svar I	2 až 5	4 až 40	
		svar V	3 až 20	8 až 30	
		svar V dvojstranný	8 až 40	10 až 60	
		svar U	15 až 40	30 až 80	
		svar U dvojstranný	30 až 80	> 40	
jednostranná úprava hran		svar 1/2V	4 až 15	5 až 20	
		svar 1/2V dvojstranný	12 až 40	10 až 40	
		svar 1/2U	> 15	-	



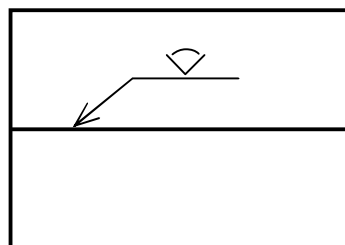
**Tabulka 4** Druhy svarů

Znak svaru	Název svaru	Tvar svaru	
	lemový		
	koutový		
			vydutý
			převýšený
	děrový		
	žlábkový		

Tupé svary spojují části ležící v jedné rovině a jsou umístěny v jejich stykové ploše. Lemový svar se používá pro svařování tenkých plechů, svar vzniká roztavením lemových okrajů plechů. Koutové svary slouží ke spojování součástí nejčastěji k sobě kolmých a pro spoje přesažené, návarové plochy se nemusí upravovat. Děrové a žlábkové svary se uplatní při spojování plochých součástí. Spojení se vytvoří závarem ve stěnách a ve dně kruhových nebo obdélníkových otvorů. Pro lepší provaření se stěny otvorů mohou udělat zkosené.

Označování svarů na výkresech

Svarové švy se na výkresech svarek v pohledu znázorňují plnou tlustou čarou v místě styku svařovaných dílů. Zapiše se druh svaru, rozměr, poloha, druh přídavného materiálu, způsob svařování a ostatní výrobní údaje. Značky se zapisují vodorovně na odkazovou čáru vedenou od svarového švu, ukončené v tomto místě šipkou.



Obr. 67 Označování svarů na výkresech

Výhody a nevýhody svarových spojení

*Výhody:*

Svařování se uplatňuje pro své výhody nejen při výrobě strojních součástí, ale také při výrobě ocelových konstrukcí, tlakových nádob a nádrží, potrubních systémů, ve stavbě lodí apod.

- svařování lze použít pro vytvoření nerozebíratelného spoje nejen u ocelových částí a částí z ocelolitiny, ale také částí z šedé litiny, mědi, hliníku, olova a z termoplastických umělých hmot
- svařované součástky i celky jsou lehčí než lité nebo zhotovené jako výkovky, čas potřebný pro výrobu je vesměs kratší, dochází k úspoře materiálu
- je možné svařovat součásti zhotovené různou technologií – např. vylisek s odlitkem z hliníku ve stavbě karoserií automobilu
- je možné spojovat vzájemně svařitelné materiály různých vlastností
- svařované součásti i celky jsou výhodné především v kusové výrobě, v sériové výrobě mohou být dražší než např. lité
- při velkých sériích lze využít automatizace a robotizace

#### *Nevýhody:*

- existence vnitřního pnutí, jako důsledek tepelných vlivů, ovlivňuje nepříznivě svařovanou konstrukci tím, že po jejím provozním zatížení dojde jednak k jistému přerozdělení tohoto pnutí a následně se toto pnutí sčítá s napětími od provozního zatížení
- dalším důsledkem tepelných vlivů jsou deformace svaru, je třeba jim zabránit, aby zůstal zachován požadovaný tvar součásti, odpadlo drahé rovnání nebo se zmenšily přídatky na opracování
- snížení velikosti vnitřních pnutí nebo jejich úplné odstranění vyžaduje žíhání, které zvyšuje náklady
- vznik nehomogenity ve svarovém spoji a konstrukčního vrubu
- nutnost důsledné kontroly technologického postupu při přípravě i vlastním svařování, kontroly svaru vnější prohlídkou a dalšími zkouškami – magnetickou, rentgenovým zářením, gama zářením, ultrazvukem

### **3.5 Pájení**

Pájení je metalurgické spojení kovových součástí roztavenou pájkou. Teplota pájení je podstatně nižší než je zapotřebí k natavení spojovaných materiálů, proto spojení nastává vzájemnou difuzí (prolínáním) roztavené pájky a základního materiálu. Proto se musí před pájením plochy pečlivě očistit a během pájení se udržují kovově čisté užitím tavidla, které odstraňuje z pájených ploch povrchový oxid a během pájení chrání před další oxidací. U materiálů intenzivně oxidujících používáme ochranné atmosféry. Po pájení je nutno jejich zbytky odstranit, protože snižují odolnost proti korozi.

Pájet lze ocel, šedou litinu, barevné kovy, hliník, slinuté karbidy a kovokeramické slitiny.

Pájením se neporuší mechanické, elektrické a magnetické vlastnosti těchto materiálů.

Ohřátí materiálu a natavení pájky lze provést místně – hořákem, elektrickým pájedlem, elektricky odporově nebo vysokofrekvenčně, nebo celkově – v peci s ochrannou atmosférou, ponořením do taveniny solí.

Pájení se dělí na:

- pájení měkké
- pájení tvrdé

### Pájení měkké

Při pájení na měkko používáme ke spojování měkkých pájek – cínové, olověné nebo speciální. Horní bod tání pájky je do 450°C. Tavidlem je chlorid zinečnatý -  $ZnCl_2$ , chlorid amonný (salmiak) –  $NH_4Cl$ , kalafuna. Měkkými pájkami se dobře spojují ocelové, měděné i mosazné předměty, pro šedou litinu je vhodná pájka zinková.

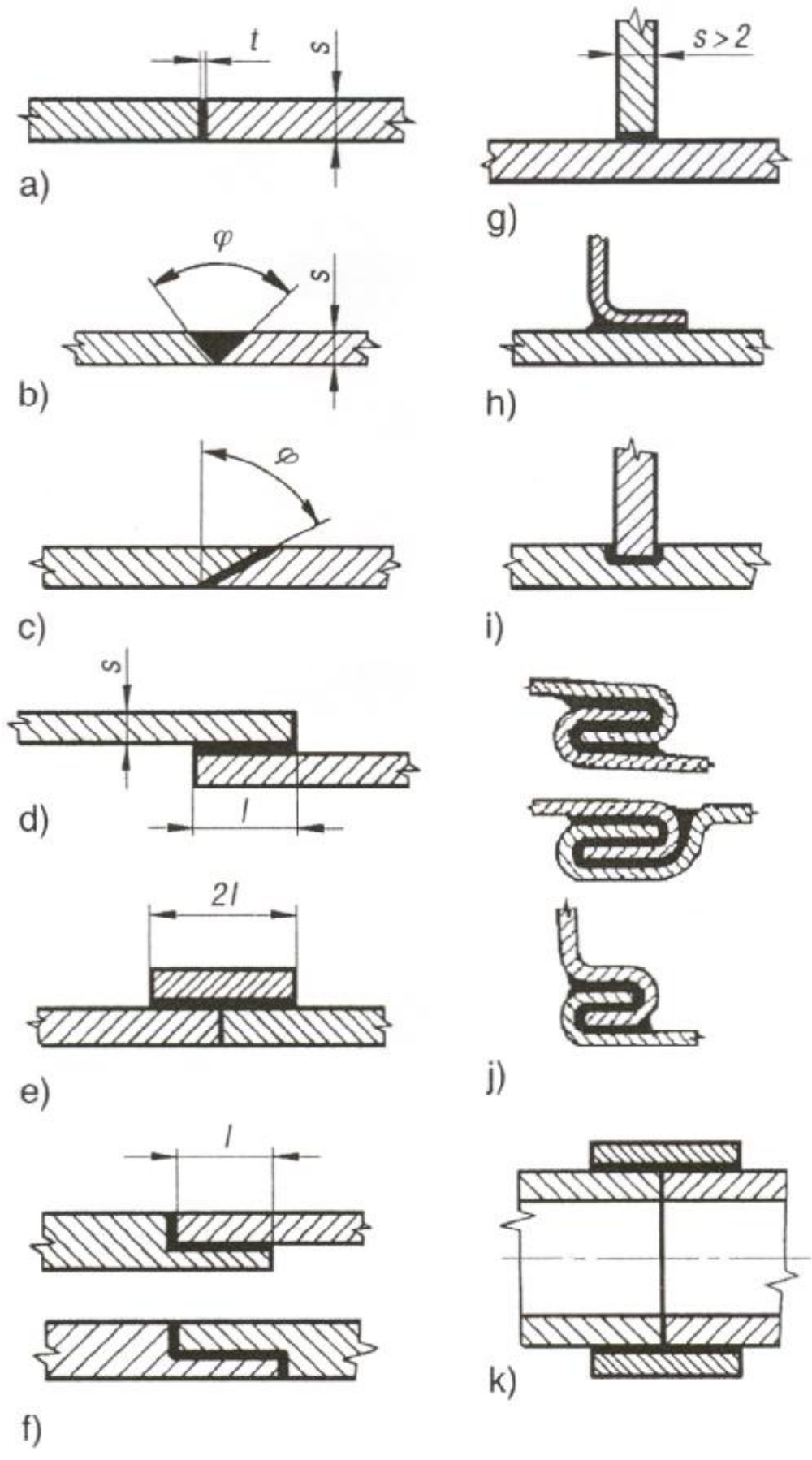
### Pájení tvrdé

Pájení na tvrdo se provádí pomocí tvrdých pájek s bodem tání nad 500°C. Jsou to pájky mosazné, měděné, stříbrné a jiných prvků. Mosazné pájky se používají na ocel, měď, mosaz, případně i na šedou litinu a zinkované plechy. Měděné pájky se používají na výrobu armatur z mědi, stříbrné pájky se používají při stavbě chemických aparatur z antikoročních ocelí, niklu, stříbra apod.

Pájené spoje se mohou provádět jako:

- a) tupé ve tvaru I – do tloušťky 2mm
- b) tupé ve tvaru V – pro větší tloušťky
- c) šikmé – jsou pevnější
- d) přeplátované – výrobně nejjednodušší, používají se pro spojování plechů a trubek
- e) tupý s příložkou
- f) přeplátovaný osazený
- g) tvaru T
- h) přeplátovaný tvaru T
- i) vsazený tvaru T
- j) prohýbaný
- k) trubkový s vnější příložkou (jsou možné i další druhy trubkových spojů vzniklých různými kombinacemi tupého a přeplátovaného spoje)

Pájené spoje mají mít co největší stykovou plochu.



Obr. 68 Provedení pájených spojů

Pájené spoje jsou namáhány tahem nebo smykem:

- mez pevnosti spoje ve smyku:  $\tau_{Ps} = (0,35 \text{ až } 0,65)\sigma_{Pt}$
- mez pevnosti spoje v tahu:  $\sigma_{Pt} = 35 \text{ až } 60 \text{ MPa}$  - pro měkké pájky  
 $\sigma_{Pt} = 60 \text{ až } 380 \text{ MPa}$  - pro tvrdé pájky

### Výhody a nevýhody pájených spojů

Pájení umožňuje spojování různých kovových materiálů, spojování různých tenkostěnných a složitých součástí. Protože se součásti ohřívají na nižší teplotu, při níž se taví pouze pájka, nevzniká v základním materiálu vnitřní pnutí a případná deformace. Pájení spotřebuje menší energii ve srovnání se svařováním, má větší produktivitu práce, lze zhotovovat více spojů současně. Při pájení se často uplatňuje mechanizace i automatizace, a tím se docílí i lepšího povrchového vzhledu spoje než u svarového spoje.

Nevýhodou pájených spojů je jejich menší pevnost.

### **3.6 Lepení**

Pokrokovou technologii při spojování součástí, která se stále více prosazuje ve spojích kovových i nekovových součástí, je lepení. Lepené spoje jsou konstrukčně řešeny odlišně od svařovaných nebo pájených spojů.

Lepené spoje mívají velkou pevnost v tahu a ve smyku, ale menší pevnost v odlupování. Základní složkou struktury lepidla jsou pryskyřice. Podle pryskyřice jsou lepidla kaučuková, polyvinylchloridová, polyvinylalkoholová, polyvinylacetátová. Pro konkrétní spoj se volí lepidlo v závislosti na spojovaných materiálech, na jejich tvaru a poloze lepeného místa. Tvary lepených spojů jsou podobné tvarům pájených spojů.

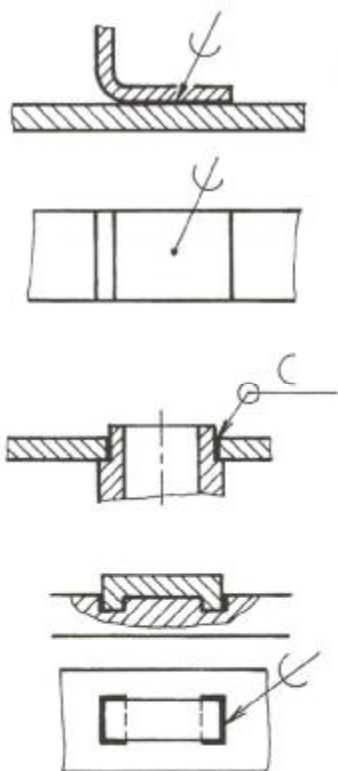
Při spojování kovů a nekovů ve strojírenské výrobě bývají používána často syntetická lepidla. Lepení zřetelně snižuje náklady na výrobu, neboť spojované součásti nemusí být vyrobeny tak přesně, a zhotovení spoje je i časově výhodné.

Lepené spojení se s výhodou používá při opravách poškozených kovových součástí, ke spojení kovů s nekovy – dřevem, sklem, vláknem, vzhledem k těsnosti spoje i k výrobě nádrží. Lepením se nezeslabuje místo spojení z hlediska tvarové pevnosti, nevytváří se vruby a nejsou podstatně ovlivňovány mechanické vlastnosti spojovaných součástí. V některých případech může mít lepený spoj i vyšší pevnost než spoj provedený jinou technologií – např. nýtování. Lepení zvyšuje odolnost proti korozi – je těsný. Podle požadavku může nebo nemusí být tepelně nebo elektricky vodivý.

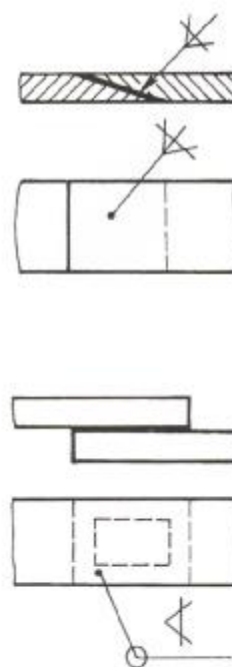
Nevýhodou lepených spojů je obtížná kontrola jejich vlastností, sklon ke stárnutí nebo tečení, malá odolnost proti odlupování a proti zvýšené teplotě.

Zjednodušené zobrazování pájených a lepených spojů

Místo spojení se označí velmi tlustou čarou a spoj se označí normalizovanou značkou kreslenou plnou čarou přímo do odkazové čáry nebo nad praporek odkazové čáry.



Obr. 69 Pájené spoje



Obr. 70 Lepené spoje

## 4. Pružiny

Pružiny udržují nehybné spojení dvou součástí jen do určité míry jejich zatížení – pružný spoj. Pružiny jsou strojní součásti pro zachycení a akumulaci energie. Kromě toho též zachycují a tlumí rázy, zajišťují vratné pohyby a udržují rovnováhu sil. Mají široké použití při stavbě dopravních prostředků, tvářecích nástrojů, přípravků, měřicích přístrojů a v mnoha dalších zařízeních.

Nejpoužívanějším materiálem pro pružiny jsou uhlíkové a slitinové oceli s vyšším obsahem uhlíku určené k zušlechťování. Konkrétní volba materiálů závisí na druhu pružiny, způsobu výroby a jejich rozměrech, z ostatních kovových materiálů se používají bronz a mosaz – hlavně u měřicích přístrojů a v jemné mechanice, kde se vyžaduje korozivzdornost a dobrá elektrická vodivost. Nekovové pružiny se vyrábí z přírodní nebo syntetické pryže – využívají schopnosti materiálu k velkým pružným deformacím, dobře zachycují a tlumí rázy, jsou elektricky nevodivé. V současné době se v pružných spojích používají taky tekutiny (vzduch nebo plyn a olej).

### Druhy pružin

- Šroubovitě válcové tažné a tlačné pružiny

Mají všeobecné uplatnění ve většině strojů a přístrojů. Vyrábějí se z drátu nebo tyčí kruhového, čtvercového nebo obdélníkového průřezu. Šroubovitě válcové tažné pružiny jsou pro zátěžné síly tahové a mají proto upravené konce jako oka různých tvarů. Šroubovitě válcové tlačné pružiny mají poslední závity na konci pružiny (závěrné závity) upraveny jako opěrné závity (rovinné).

- Šroubovitá kuželová tlačná pružina

Používá se tam, kde i při malém stlačení potřebujeme větší sílu, než by vyvinula válcová pružina.

- Talířová pružina samostatná

Používá se u automobilových spojek, protože zabírá málo místa a má jednoduchou montáž.

- Talířové pružiny v sadě

Použijí se pro vyvinutí velkých sil.

- Kroužková pružina

Používá se pro velké zatěžující síly. Vnější kroužky se osovým tlakem pružně roztahují a vnitřní stlačují, bývají proříznuty z důvodu větší pružnosti. Tyto pružiny bývají např. v náraznících železničních vagonů.

- Šroubovitá zkrutná pružina

Používá se v měřicích přístrojích.

- Spirálová pružina

Používají se v pohonech mechanismů.

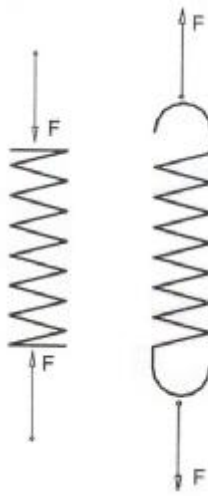
- Zkrutné (torzní) tyče

Jsou to dlouhé tyče zpravidla kruhového průřezu s jedním koncem pevně uchyceným, na druhý konec otočně uložený působí krouticí moment, používají se pro pružení vozidel.

- Listové pružnice

Jsou to svazky několika listů různé délky spojené třmeny, pomocí kterých se připojují na odpružované části. Na konci pružnic jsou závěsná oka.

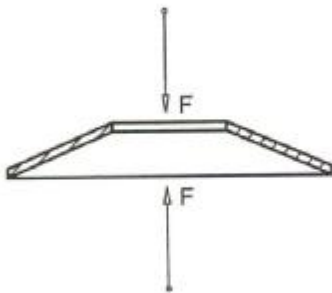
Požívají se u vozidel.



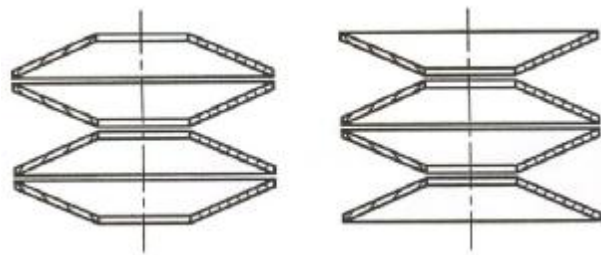
Obr. 71 Šroubovitá válcová tažná a tlačná pružina



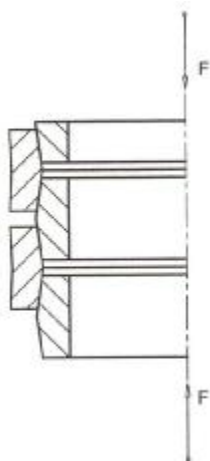
Obr. 72 Kuželová pružina



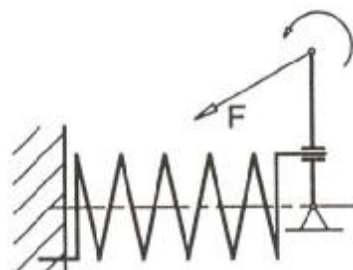
Obr. 73 Talířová pružina samostatná



Obr. 74 Talířové pružiny v sadě

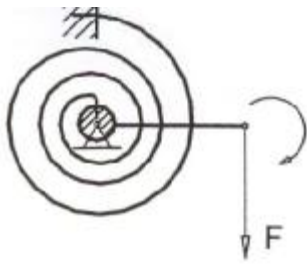


Obr. 75 Kroužková pružina

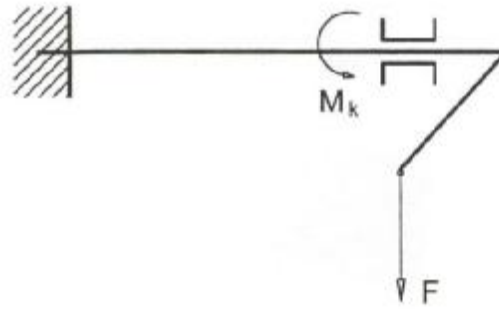


Obr. 76 Šroubovitá zkrutná pružina

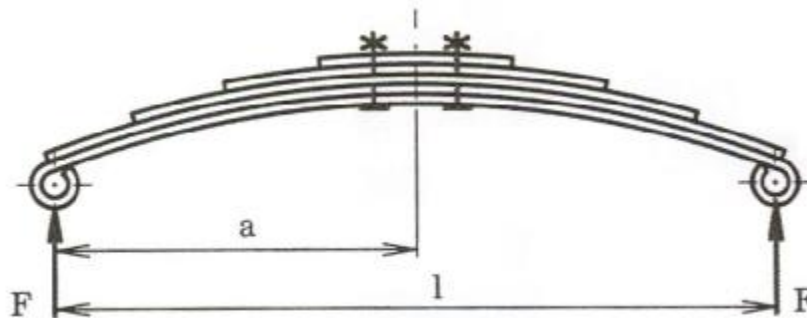




Obr. 77 Spirálová pružina



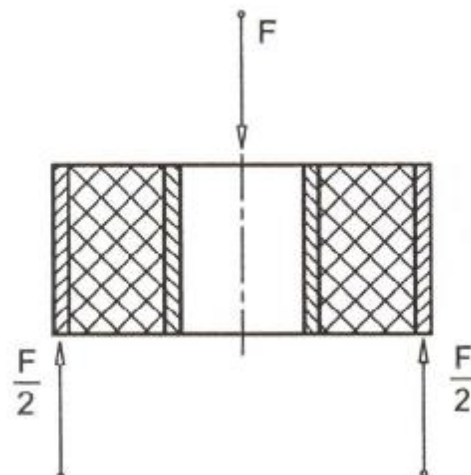
Obr. 78 Zkrutná tyč



Obr. 79 Listová pružnice

- Pryžové pružiny

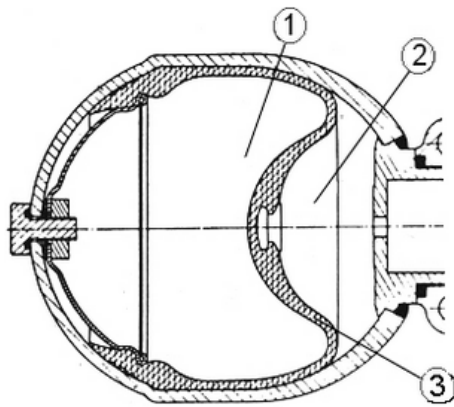
Mají malou odolnost proti extrémním teplotám a chemickému prostředí (benzín, oleje), proti kovovým pružinám mají kratší životnost.



Obr. 80 Pryžová pružina

- Hydropneumatické pružení

při pružení se využívá stlačitelnosti plynů (vzduch nebo jiný netečný plyn např. dusík), nestlačitelný olej slouží k tlumení a utěsnění systému. Prostory naplněné plynem a kapalinou jsou odděleny membránou nebo pružným vakem. Hydropneumatické pružení se používá např. u vozidel.



- 1 – plyn
- 2 – hydraulická kapalina
- 3 - membrána

Obr. 81 Hydropneumatické pružení

Na výkresech sestavení se kreslí pružiny v řezu, v pohledu nebo schématicky.

## 5. Hřídele a hřídelové čepy

U strojů přichází velmi často úkol přenést krouticí moment, tedy točivý pohyb z hřídele hnacího na hnaný. Přitom se může měnit jak velikost momentu, tak i smysl otáčení a otáčky. Hlavní součásti používané pro takové přenosy jsou hřídele, ložiska, spojky, ozubená a třecí kola, řemenové a lanové kotouče a jiné.

Hřídel je strojní součást obvykle kruhového, plného průřezu, poměrně dlouhá, určená pro přenos točivého pohybu. Otočné uložení hřídele v rámu je ve dvou nebo více ložiskách kluzných nebo valivých, nejčastěji v poloze vodorovné, méně často svislé nebo šikmé.

K vlastnímu uložení slouží čepy, buď koncové nebo mezilehlé. Čepem se nazývá ta část hřídele, která tvoří s ložiskem rotační dvojici. Ložisko bývá členem nehybným.

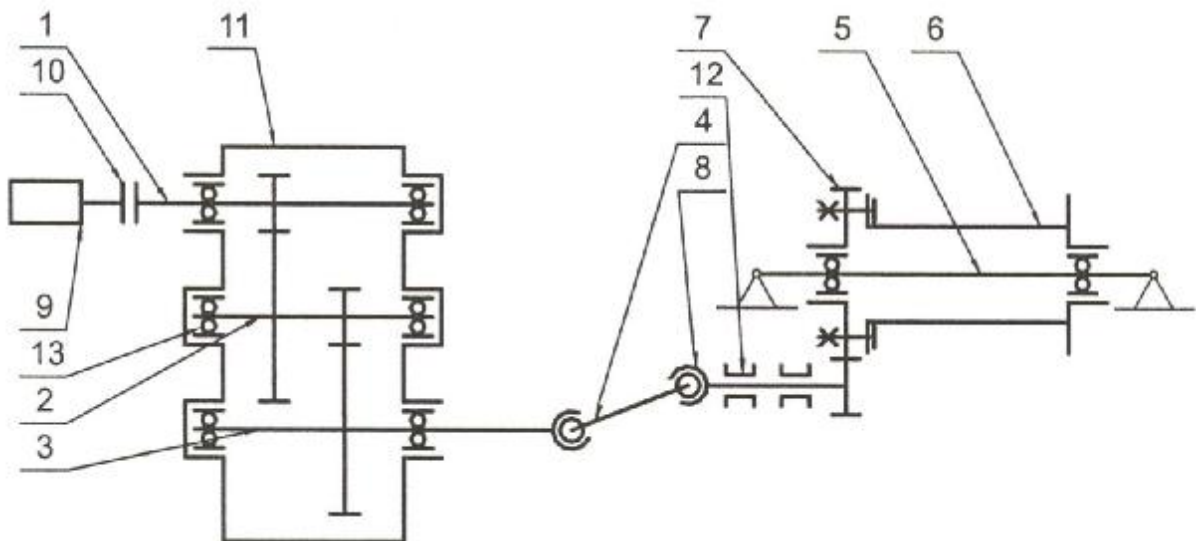
Hřídele se rozdělují podle různých hledisek, např. funkce, použití a tvaru.

### 5.1 Druhy hřídelů

Podle funkce a použití se hřídele rozdělují na nosné a hybné.

Použití jednotlivých hřídelů ukazuje zjednodušené schéma pohonu navíjecího bubnu:

- |                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| 1 – hnací hřídel           | 8 – kloubové spojky |
| 2 – předlohová hřídel      | 9 – hnací motor     |
| 3 – hnaná hřídel           | 10 – spojka         |
| 4 – spojovací hřídel       | 11 – převodovka     |
| 5 – nosná hřídel           | 12 – kluzná ložiska |
| 6 – buben (otočně uložený) | 13 – valivá ložiska |
| 7 – ozubené soukolí        |                     |



Obr. 82 Schéma pohonu navíjecího bubnu

### **Nosné hřídele**

Jsou většinou pevně uchyceny k rámu stroje a otáčí se na nich součásti – kladky nebo bubny. Jiná možnost je tzv. náprava, kdy se hřídel s uchycenými koly otáčí, ale nepřenáší se krouticí moment. Tyto hřídele jsou namáhány na ohyb a otláčení. U nehybných hřídelí, které nesou otočné části, se počítá namáhání ohybem, hřídel se bere jako nosník na dvou podporách zatížený spojitým břemenem s délkou rovnající se délce součásti na hřídeli, při zjednodušeném výpočtu lze řešit jako nosník s osamělou silou. U náprav se uvažuje jako nosník s převislými konci. Kontrola otláčení se provádí pouze u hřídelí uložených v kluzných ložiskách. Vzhledem k větší tvrdosti hřídele se kontrola provádí u ložisek.

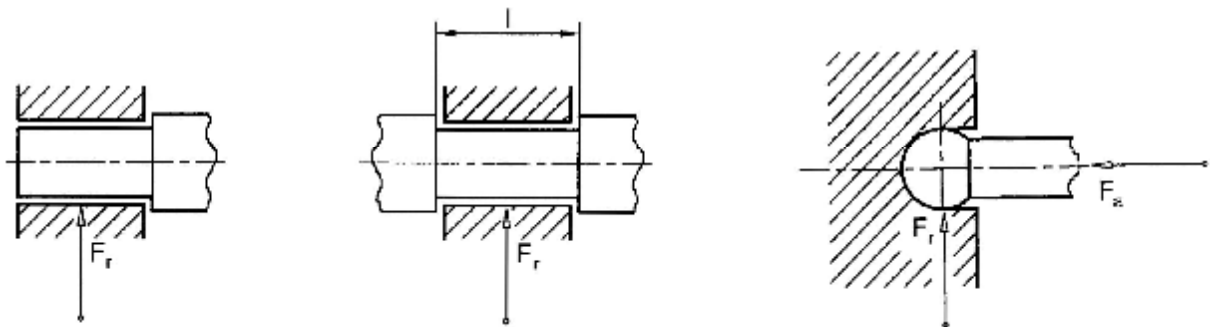
### **Hybné hřídele**

jsou vždy otočné a přenášejí krouticí moment. Jsou na nich upevněny strojní součásti – ozubená kola, řemenice, nebo spojují navazující mechanismy. Podle své funkce mají i názvy: spojovací, hnací a hnaná, a předloňová.

### **Hřídelové čepy**

jsou části hřídelí, uložené v ložiskách. Přenášejí do ložisek radiální nebo axiální síly, vyvolané zatížením hřídele. Rozdělujeme je na:

- čelní – koncové
  - ✓ válcové
  - ✓ kuželové
  - ✓ kulové
- průběžné – krční



Obr. 83 Hřídelové čepy (válcový, krční, kuželový)

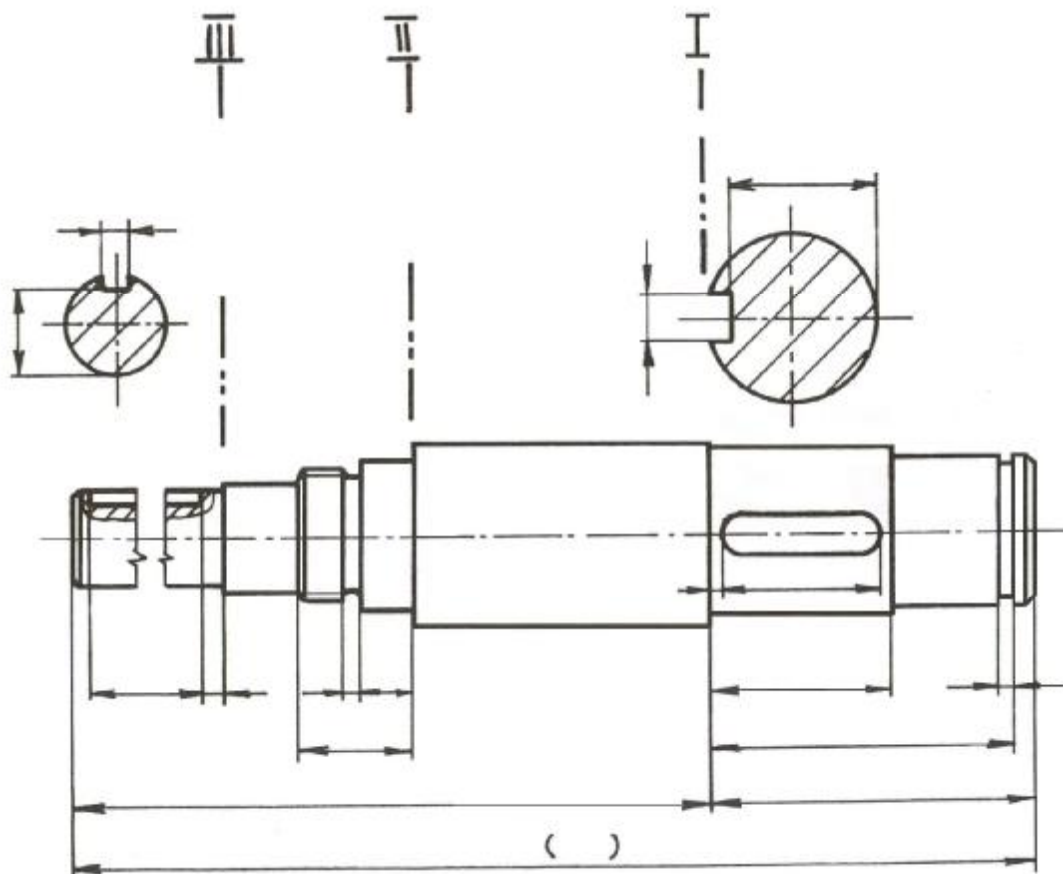
### **Podle tvaru hřídele na délce:**

- přímé
- zalomené
- ohebné

### **Podle tvaru na průřezu:**

- kruhový plný průřez
- mezikruhový průřez (dutý)

Hřídele mají buď v celé délce stejný průměr, ale zpravidla se vyrábí jako **tvarové**, průměr se zmenšuje směrem k hřídelovým čepům. Průměr a délka hřídelového čepu se volí podle ložiska. U tvarových hřídelí je třeba se vyvarovat ostrých hran u osazení a příčných děr – řeší se to zaoblením nebo sražením hran. Při návrhu hřídele je nutné přihlídnout k normalizaci jejich částí – rozměry válcových konců hřídele, drážek pro pera a pojistné kroužky, zápichů a středících důlků.

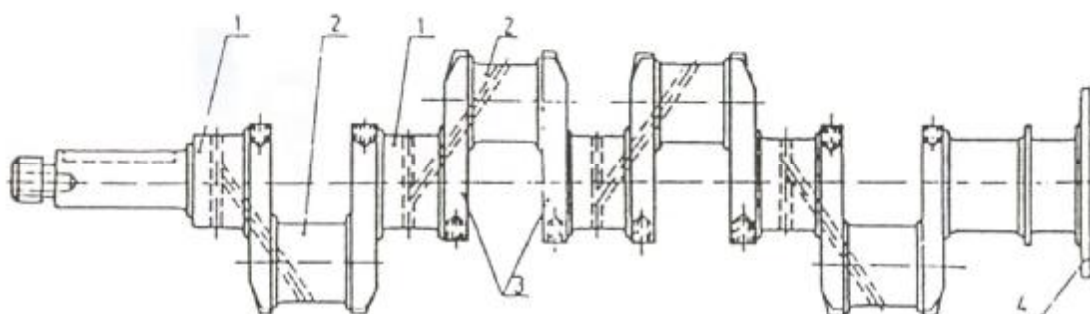


Obr. 84 Tvarová hřídel

Pro víceválcové pístové stroje se používají **zalomené (klikové) hřídele**, vyráběné buď z jednoho kusu odléváním nebo kování, nebo u velkých strojů skládaných z několika kusů. Za každým zalomením je hřídel uložen v ložiskách.

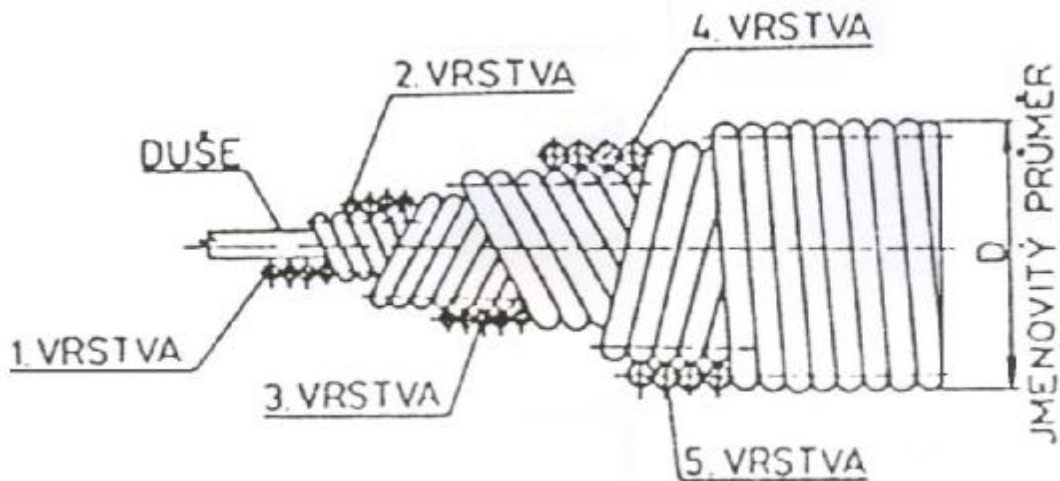


Obr. 85 Zalomená hřídel



Obr. 86 Zobrazení zalomené hřídele

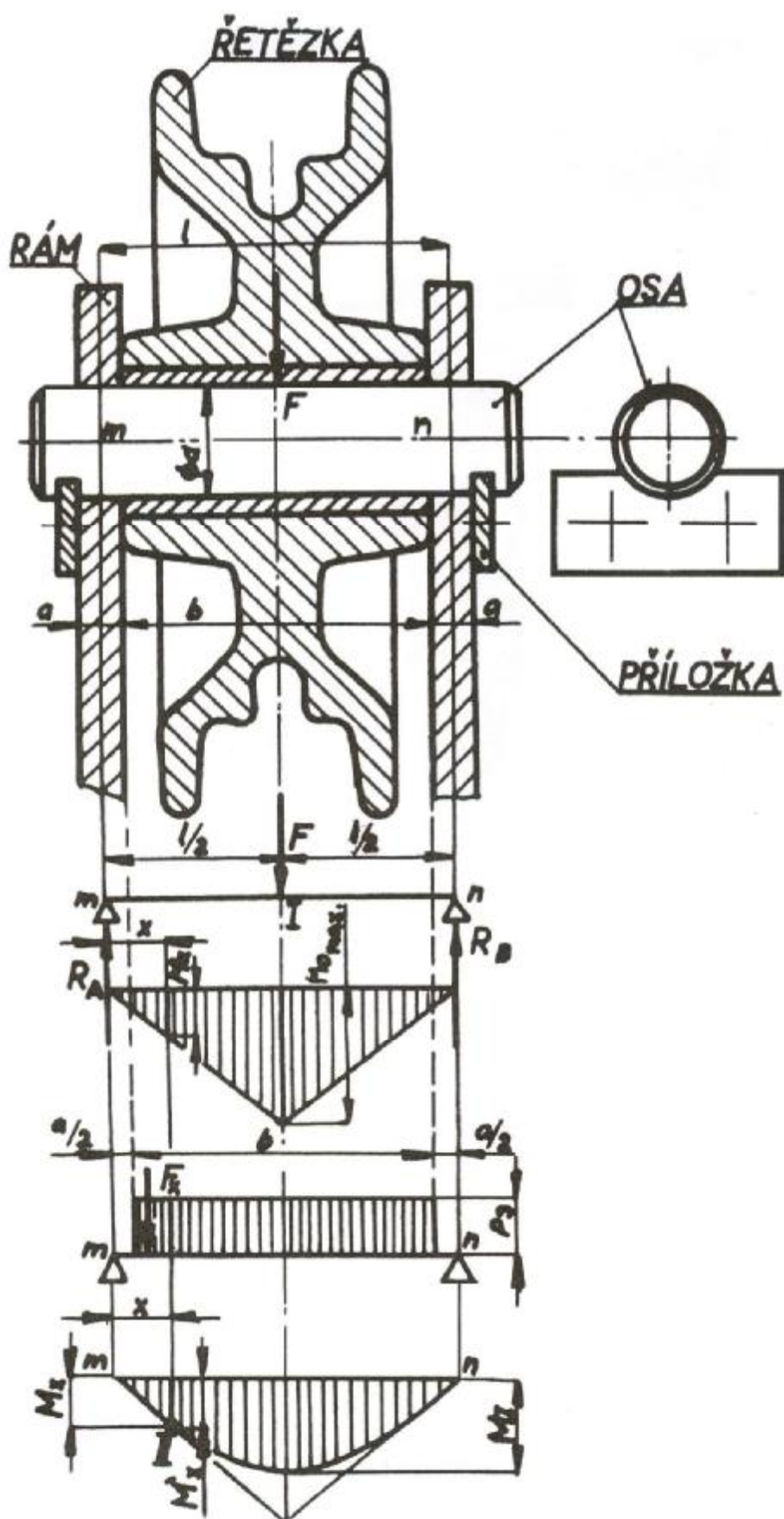
**Ohebné hřídele** slouží k přenosu krouticího momentu malých a středních velikostí. Lze je použít pouze pro namáhání krutem při současném ohnutí. Používají se hlavně tam, kde nelze použít pro spojení přímých hřídelů – náhony ručních vrtaček, brusek, měřicích přístrojů, rychloměrů... Ohebný hřídel je zhotoven z tvrdého ocelového drátu, který je ukončen na koncích koncovkami a je zpravidla uložen v ochranné hadici.



Obr. 84 Ohebná hřídel

Hřídele velkých průměrů je vhodné vyrábět **duté**, z důvodu průběhu napětí v krutu, které se směrem ke středu hřídele zmenšuje. Největší zatížení nesou krajní vlákna, zatímco vlákna poblíž středu plných hřídelů jsou nevyužita. Příkladem duté hřídele je kardanova hřídel pro pohon zadní nápravy u automobilu.

## 5.2 Výpočet hřídelů

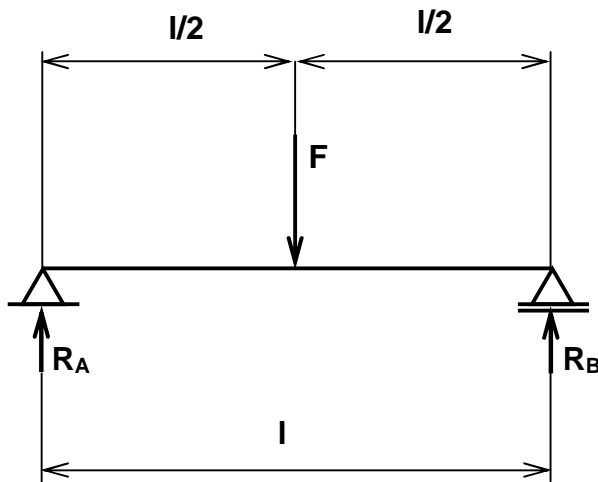


Obr. 88 Zatížení hřídele uprostřed

Nosné hřídele jsou namáhány na ohyb a otláčení.

Ohyb:

Při výpočtu se bere hřídel jako nosník o dvou podporách.



Obr. 89 Zatížení nosníku

Síly působící na jednotlivé podpory:

$$R_A = R_B = \frac{F}{2} \quad (N)$$

Největší napětí:

$$s_{oMAX} = \frac{M_{o\max}}{W_o} \leq s_{DO} \quad (MPa)$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{o\max} = R_A \cdot \frac{l}{2} = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{F \cdot l}{4} \quad (Nm)$$

$W_o$  je průřezový modul v ohybu, pro kruhový průřez:  $W_o = \frac{\rho d^3}{32} \quad (m^3)$ .

Při výpočtu průměru hřídele bylo uvažováno zjednodušeně zatížení osamělou silou  $F$ . Ohybový moment vypočtený tímto způsobem je větší než odpovídá skutečnému spojitému zatížení a výsledek tímto způsobem vychází bezpečnější.

Otláčení

Zátěžná síla  $F$  se rozloží rovnoměrně ve stykové ploše náboje a osy a způsobí měrný tlak:

$$p = \frac{F}{b \cdot d}$$

Protože na této ploše nastává vzájemný pohyb mezi osou a kladkou nesmí měrný tlak překročit hodnotu, která závisí na materiálu náboje a rychlosti relativního pohybu obou ploch. Podporové reakce  $R_A$ ,  $R_B$  jsou zachyceny na ukládacích plochách rámu. Měrný tlak na těchto plochách je:

$$p = \frac{R_A}{a \cdot d} = \frac{F}{2a \cdot d}$$

Tento tlak může být podstatně větší než tlak mezi hřídelí a nábojem, protože na těchto plochách není vzájemný pohyb.

Měrný tlak mezi plochami nesmí překročit mez pevnosti v otláčení.



**Hybné hřídele** mohou být podle své funkce různě namáhány. Podle průběhu ohybového a krouticího momentu se pak hřídele řeší buď na prostý krut, nebo na složené namáhání krutem a ohybem. U dlouhých spojovacích hřídelí se ještě kontroluje úhel zkroucení  $\varphi$ .

Pevnostní rovnice krutu:

$$t_k = \frac{M_k}{W_k} \leq t_{Dk} \quad (MPa)$$

$W_k$  – průřezový modul v krutu, pro kruhový průřez je  $W_k = \frac{p d^3}{16} \quad (m^3)$ .

Kroutící moment:  $M_k = \frac{P}{2p n} \quad (Nm)$

kde  $P$  – výkon ( $W$ )  
 $n$  – otáčky ( $s^{-1}$ )

Deformační podmínka pro úhel zkroucení:

$$j_k = \frac{M_k \cdot l}{G \cdot J_k} \leq j_D \quad (rad) \qquad j_k = \frac{180 \cdot M_k \cdot l}{p \cdot G \cdot J_k} \leq j_D \quad (^\circ)$$

$G$  ( $MPa$ ) – modul pružnosti ve smyku

$J_k$  ( $m^4$ ) – polární moment průřezu, pro kruhový průřez je  $J_k = \frac{p d^4}{32}$

### Trvanlivost čepů

Při navrhování čepů je nutno stanovit jejich průměry a délky tak, aby byla zaručena jejich provozní spolehlivost a náležitá životnost. Trvanlivost čepu je závislá na opotřebením jeho funkční plochy a nosné plochy ložiskové pánve. Materiály obou funkčních ploch proto volíme tak, aby se opotřebením projevilo na ložiskové pánvi, která bývá snadněji vyměnitelná. Při návrhu čepu je třeba uvažovat i o materiálu ložiska. Trvanlivost je závislá na třecích poměrech, geometrickém tvaru funkčních ploch, drsnosti povrchu, způsobu provozu a zatížení a na obvodové rychlosti čepu. Třecí poměry jsou dány způsobem a vydatností mazání. Na trvanlivost má rozhodující vliv střední měrný tlak mezi čepem a ložiskem. Je-li velký, je mazivo z třecích ploch vytlačováno a opotřebením je poměrně rychlé. Volba hodnoty měrného tlaku je obtížná. Čím vyšší je obvodová rychlost, tím nižší měrný tlak volíme, čím hladší jsou funkční plochy a čím lepší je mazání, tím větší měrný tlak je možno volit.

Při pohybu čepu v ložisku vzniká kluzné tření. Výkon potřebný k překonání kluzného tření je:

$$P_T = F_T \cdot v = F \cdot f \cdot v \quad , \text{ kde } \begin{array}{l} v \dots\dots\dots \text{obvodová rychlost čepu} \\ F_T \dots\dots\dots \text{třecí síla} \\ F \dots\dots\dots \text{zatěžující síla} \\ f \dots\dots\dots \text{součinitel kluzného tření} \\ P_T \dots\dots\dots \text{výkon potřebný k překonání kluzného tření} \end{array}$$

Výkon  $P_T$  se mění v teplo, které přechází ve styčných plochách čepu a ložiska do jejich materiálů a způsobuje ohřátí ložiska. Podmínkou provozní spolehlivosti je taková provozní teplota, při níž materiály funkčních ploch neztrácejí své vlastnosti.

Průhyb hřídele způsobí odklon čepu od ložiska a nebezpečí, že se čep bodově opře o ložisko, čímž nastane zvýšení měrného tlaku, ohřívání ložiska a případně zadření. (Mělo by platit:

$$tg a \leq \frac{1}{1000} \quad , \text{ kde } a \text{ je úhel sklonu hřídele v místě uložení.)}$$

## 6. Ložiska

Ložiska umožňují otočné uložení čepů a hřídelí. Toto uložení musí dovolit pohyb a zachytit vnější síly. Podle směru síly, kterou zachycují, jsou ložiska axiální a radiální. Podle druhu tření jsou ložiska kluzná a valivá. Další dělení může být podle způsobu mazání a podle konstrukční úpravy.

### 6.1 Kluzná ložiska

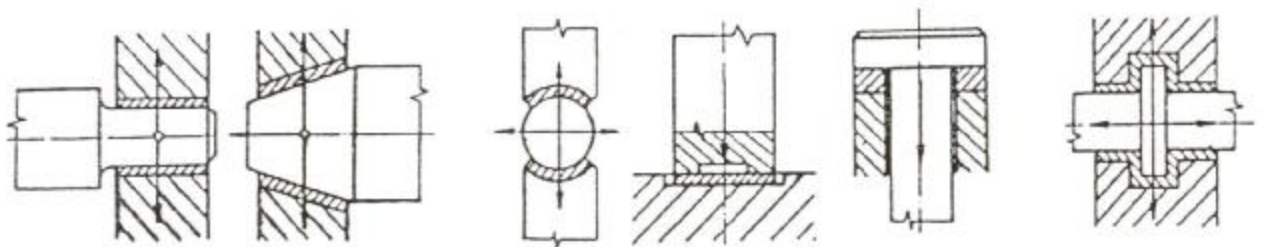
Kluzné ložisko je strojní součást, vymežující vzájemnou polohu dvou stýkajících se částí mechanismu, při jejichž vzájemném pohybu vzniká kluzné tření. Dále je možno charakterizovat kluzné ložisko jako montážní jednotku, obepínající čep hřídele přímo, nebo prostřednictvím pouzdra nebo pánve, která udržuje čep ložiska v určité poloze, nebrání mu však v otáčení nebo kývání. Pod pojmem ložisko se často zahrnuje celé kluzné uložení včetně čepu. Základní částí kluzného ložiska je ložiskové pouzdro nebo pánev. Pánev je část děleného pouzdra.

Podle směru působící síly:

- ◆ ložiska radiální – zatěžující síla působí kolmo na osu ložiska
- ◆ ložiska axiální – zatěžující síla působí ve směru osy ložiska
- ◆ ložiska kombinovaná

Podle tvaru kluzné plochy se rozeznávají ložiska:

- válcová
- kuželová
- kulová
- patní
- prstencová
- hřebenová

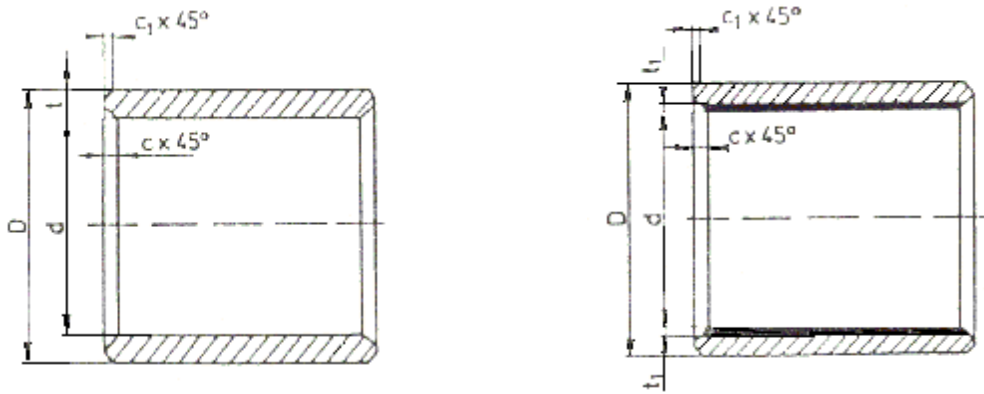


Obr. 90 Kluzná ložiska

#### **Provedení kluzných ložisek:**

Nejčastější radiální ložisková pouzdra z běžných materiálů jsou

- ložisková pouzdra bez výstelky, kde je celé pouzdro vyrobeno z kluzného materiálu
- ložisková pouzdra s výstelkou, které je obvykle složeno z ocelového opěrného pouzdra a tzv. výstelky z kluzného materiálu

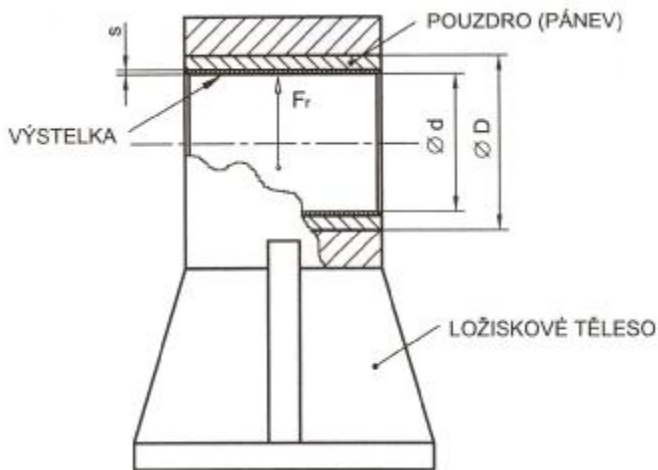


Obr. 91 Ložiskové pouzdro bez vystélky, s vystélkou



Obr. 92 Různé druhy ložiskových pouzder

Pánve a pouzdra se vkládají do ložiskových těles – jsou odlévána nebo svařovaná. V nejjednodušším případě může být ložisko v ložiskovém pouzdře vyrobeno jako jednoduché trubkové ložisko.



Obr. 93 Ložiskové těleso



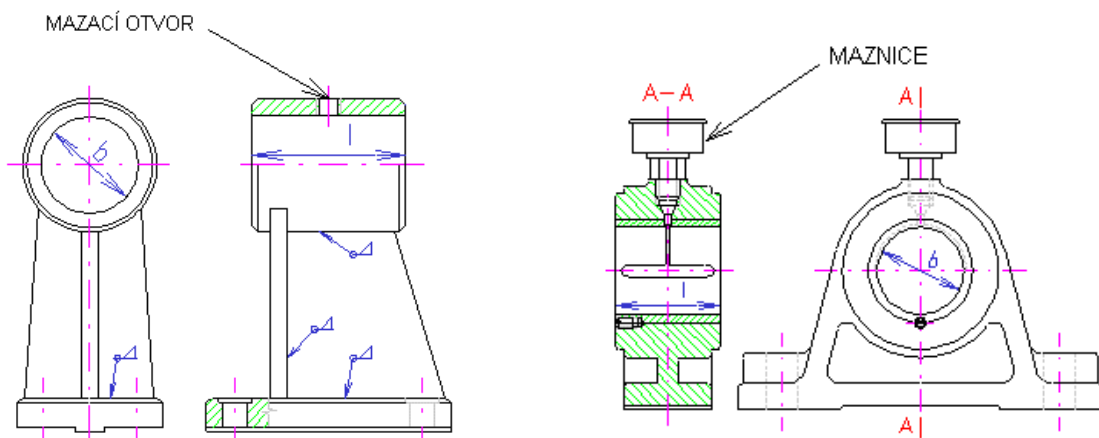
Obr. 94 Příklad provedení ložiskového tělesa

Kluzné plochy čepů a hřídelů bývají cementované a povrchově kalené nebo nitridované. Tření je definováno jako ztráta mechanické energie v průběhu, na počátku nebo na konci relativního pohybu stýkajících se částí mechanismů. Kluzné tření dále obvykle rozdělujeme podle stavu mazání na suché, mezní a tekutinné (mazáním se snižuje tření a odvádí se z ložiska teplo):

- ◆ Suché tření vzniká při relativním pohybu kluzných částí bez přítomnosti maziva. Z technického hlediska se do této oblasti zpravidla zahrnují i případy, kdy je na kluzné plochy nanášeno tuhé mazivo (grafit, sírník molybdeničitý...)
- ◆ Mezní tření vzniká při relativním pohybu kluzných ploch, nedostačuje-li tloušťka vrstvy maziva k jejich vzájemnému oddělení, takže dochází v určitých místech k přímému dotyku povrchových nerovností.
- ◆ Tekutinové tření vzniká při relativním pohybu třecích ploch, které jsou úplně odděleny vrstvou maziva (kapaliny, plynu, plastického maziva). Je-li mazivem kapalina (olej) jde o tzv. kapalinné tření. Při kapalinném tření může mazací vrstva vzniknout:
  - § účinkem hydrodynamického tlaku, který vzniká prouděním maziva do zužující se vrstvy ve vlastním ložisku
  - § účinkem hydrostatického tlaku vzniklého mimo vlastní ložisko pomocí čerpadla.

### **Rozdělení kluzných ložisek dle funkčního hlediska:**

- ◆ **Hydrodynamická** – pracují s dostatečným přívodem oleje do mazací mezery mezi kluzné plochy. Jejich relativním pohybem se vytváří nosný film.



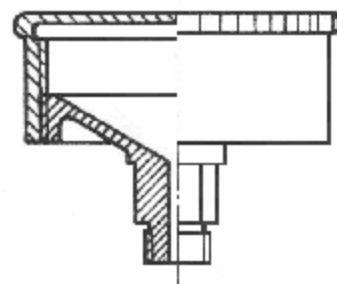
Obr. 95 Způsoby mazání ložisek

Ložiska strojů, které běží občas a s malým zatížením, se mažou ručně, olejem z olejničky. Trvale běžící ložiska se mažou samočinně tak, že se mazivo přivádí vhodným zařízením.

Hlavní druhy mazacích zařízení:

- Staufferova maznice

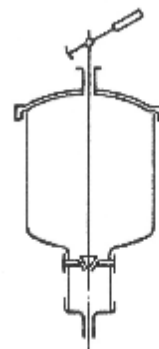
Na skříň ložiska je našroubována maznice. Občasným přitážením víčka se do ložiska vtlačuje tuk, kterým se naplnil spodek maznice. Staufferovy maznice jsou číslovány podle velikosti a normalizovány. Do nepřístupných míst se vede tuk nastavenou trubicou.



Obr. 96 Staufferova maznice

•Kapací maznice

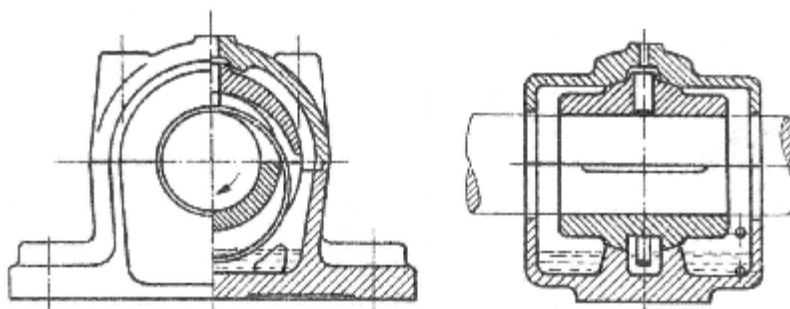
Maznice je seřízena tak, že olej odkapává z nádoby do ložiska. Výtok lze uzavřít spuštěním jehly, průtok oleje se dá regulovat a pozorovat.



Obr. 97 Kapací maznice

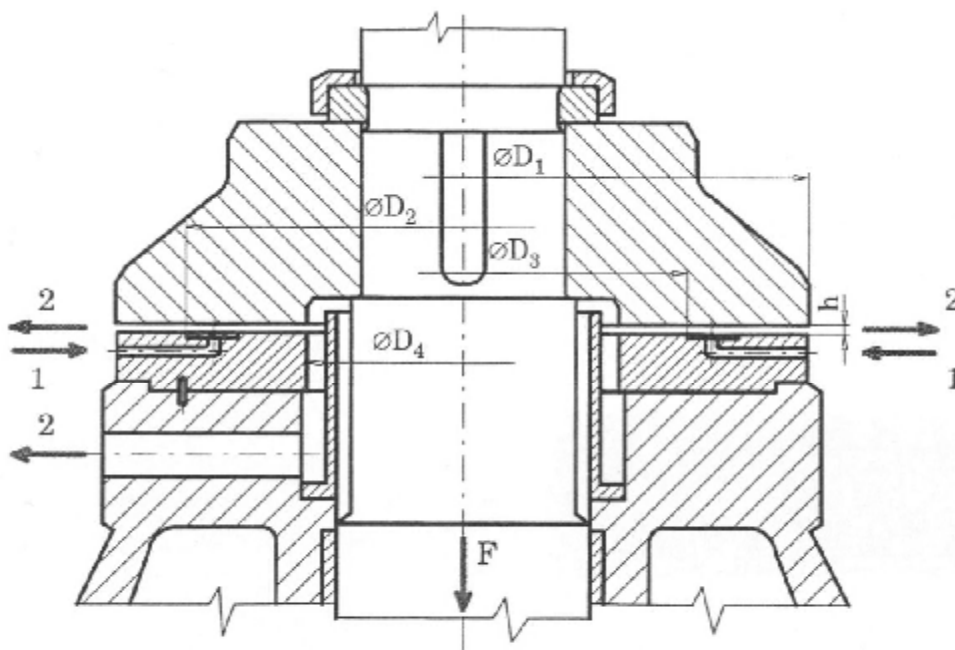
•Kroužkové mazání

Kroužkové mazání je velmi rozšířený způsob dlouhodobého mazání. Ložisková pánev je v horní polovině vyříznuta. Mazání obstarává kroužek většího průměru, který je unášen třením na rotující hřídeli, takže zvedá olej z lázně, do které zasahuje spodní částí. Olej vnesený kroužkem na čep, stéká spádem mezi kluzné plochy.



Obr. 98 Kroužkové mazání

- ◆ **Hydrostatická** – nosný film se vytváří přívodem maziva z čerpadla. Odpadá zde opotřebené plochy při rozběhu a doběhu.



- 1 - přívod oleje
- 2 - odvod oleje

Obr. 99 Hydrostatické ložisko

U strojů s více mazacími místy se čerpá olej centrálně do mazací sítě a rozvádí kovovými trubičkami na jednotlivá místa. K čerpání se používají malá zubová čerpadla pro menší tlaky, nebo mazací lisy pro vysoké tlaky oleje. Lisy pracují jako vícenásobná pístová čerpadla. Pohon mazacích agregátů obstarává obvykle pracovní stroj sám. Tím je zabezpečeno mazání za chodu a každé mazané místo dostane správné množství oleje. Tento způsob mazání je oběžný, protože se olej prošlý mazaným místem svádí jako zpětný do nádoby v sání čerpadla. Tam se mechanicky filtruje, případně chladí a znovu vrací do okruhu. Jsou-li na stroji mazací místa s různými požadavky na olej, má stroj několik mazacích systémů.

- ◆ Ložiska s omezeným mazáním, která pracují v oblasti smíšeného tření s malým množstvím oleje nebo plastického maziva. Využívají vlastností materiálových dvojic odolných proti opotřebení a zadírání s malým součinitelem tření. Vyžadují v určitých případech domazávání.
- ◆ Samomazná pórovitá ložiska – jsou vyráběna práškovou metalurgií. Tyto ložiska obsahují ve své pórovité kostře olej nebo jiné mazivo, které za chodu ložiska vystupuje na kluzné plochy a maže je. Mají široké použití při malých zatíženích a rychlostech – v přístrojové technice.
- ◆ Samomazná ložiska s tuhými mazivy – obsahují mazivo přímo ve své struktuře.

Kromě uvedených druhů se používají ložiska s kombinací mazacích režimů – tzv. ložiska hybridní.

#### ***Materiály ložisek:***

Spolehlivost a životnost kluzného ložiska ovlivňuje kromě vlastností maziva nejvíce volba materiálu ložiska, částečně i hřídele. Vzhledem ke snadnější výměně ložiska při opotřebení *dvojice hřídel – ložisko* je vhodné, aby hřídelový čep měl tvrdší povrch. Tvrdost hřídelových čepů by měla být o 100 HB větší než u ložiska.

Požadavky na materiál ložisek jsou velmi různorodé – odolnost proti opotřebení a zadírání, malý součinitel tření (poměr třecí síly k normálnímu zatížení  $m = \frac{F_m}{F_N}$ ), velká zatížitelnost,

korozivzdornost, dobrá tepelná vodivost, malá teplotní roztažnost. Žádný materiál nesplňuje všechny požadavky – podle provozních podmínek se hledají kompromisní řešení. Na kluzná ložiska se používají tyto materiály:

- kompozice – slitiny cínu a olova
- slitiny mědi: cínový, olověný a hliníkový bronz
- slitiny hliníku – slitina s mědí, cínem, křemíkem a železem
- spekané kovy – ocel, měď, cín, hliník
- šedá litina
- plasty – polyamid, teflon
- pryž
- vícevrstvé materiály

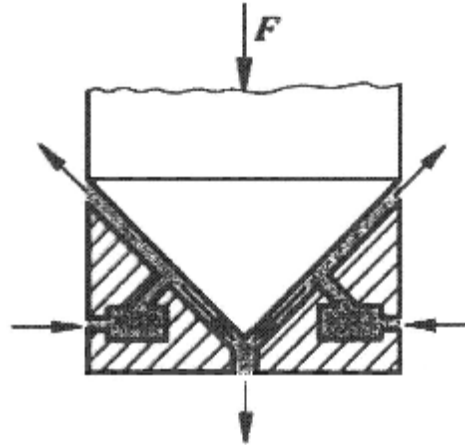
#### ***Maziva:***

- ***Tuk*** – mazání tukem se používá pro malé tlaky a malé kluzné rychlosti a tam, kde nelze použít olej. Tuk částečně chrání ložisko proti vnikání nečistot. Použití je omezeno teplotou ložiska. K přívodu maziva se používá mazací lis, který mazivo tlačí přes mazací hlavici. Taky je možno použít Staufferovu maznici.

- **Olej** – mazání olejem má lepší mazací schopnosti, olej odvádí teplo a dá se čistit. Nutné je kvalitní těsnění. Olej se přivádí na mazaná místa mnoha způsoby – kapáním z maznice, rozstříkem rotující části mechanismu (uzavřená skříň), tlakem čerpadla...
- **Tuhá maziva** – mazání tuhými mazivy se používá ve zvláštních případech (extrémní tepelné zatížení). Jako mazivo se používá grafit a sirník molybdeničitý.

### **Vzduchové (pneumatické) ložisko**

Mimo uvedená maziva může jako mazivo sloužit také vzduch o přetlaku min.  $10^5$  Pa. Výhodou je malé zahřátí, prakticky žádné opotřebení, nezáleží na materiálech ložiska a jsou malé nároky na hladkost styčných ploch, tato ložiska mají velkou životnost. Nevýhodou je malá únosnost vzduchového ložiska a nutnost čištění tlakového vzduchu.



Obr. 100 Vzduchové ložisko

### **Výhody kluzných ložisek proti valivým:**

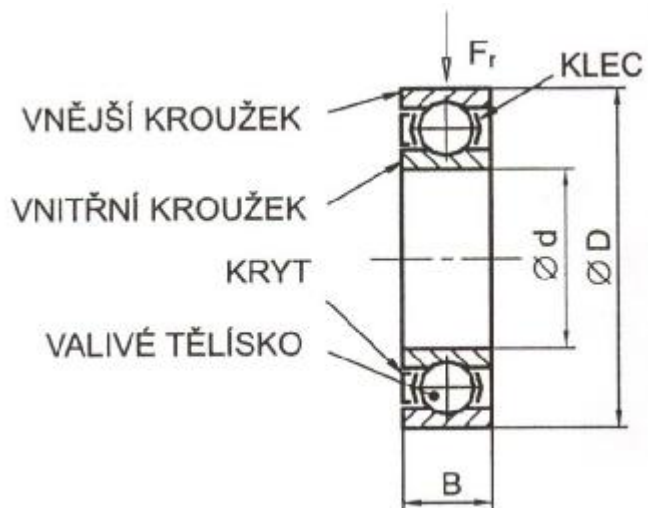
- jednoduchá montáž i demontáž
- menší vnější průměr
- klidný a tichý chod
- snáší i rázovitá zatížení
- některé materiály umožňují práci ložiska bez mazání při vyšších teplotách, ve vlhkém nebo chemicky agresivním prostředí

### **Nevýhody kluzných ložisek proti valivým:**

- nutná přesná výroba – dodržení tolerancí
- větší délka ložiska
- větší nároky na údržbu – zajistit kvalitní mazání a čistotu prostředí
- větší spotřeba maziva – možnost zadření při nekvalitním mazání
- méně vhodná pro přerušovaný chod – při rozběhu a doběhu mohou ložiska pracovat v oblasti suchého tření

## **6.2 Valivá ložiska**

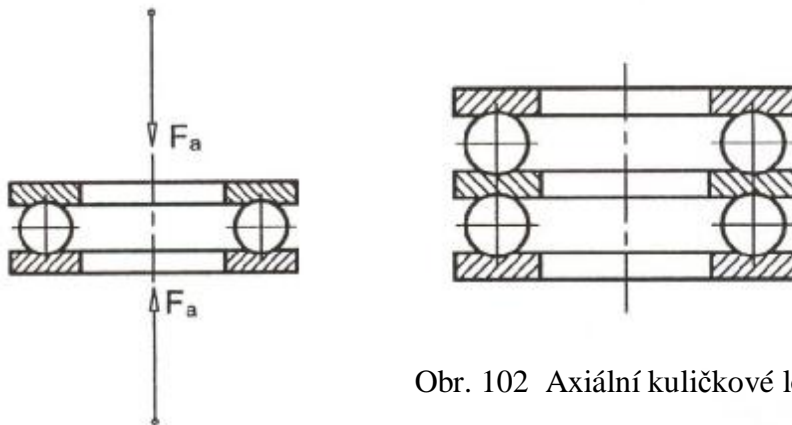
Valivá ložiska vzájemně spojují části mechanismu a umožňují jejich vzájemný relativní pohyb tím, že jsou mezi těmito částmi umístěna valivá tělesa. Valivá tělesa umožňují valivé tření mezi částmi mechanismů při jejich relativním pohybu. Zpravidla se ložiska skládají ze dvou kroužků a z valivých těles různých tvarů. Kroužky a valivá tělesa se zhotovují z kvalitní legované oceli, jsou přesně obrobeny, kaleny a broušeny. Povrch valivých těles a oběžné dráhy kroužků se leští. Klecí se rozdělují valivá tělesa pravidelně po obvodu a tím se zabrání vzájemnému styku a tření těles. Klece jsou vyrobeny z měkkého materiálu (ocelový nebo mosazný plech, lehké kovy nebo plasty).



Obr. 101 Radiální kuličkové ložisko

**Rozdělení valivých ložisek:**

Podle směru působící síly jsou ložiska axiální a radiální. Většina radiálních ložisek však může nést i axiální sílu.



Obr. 102 Axiální kuličkové ložisko

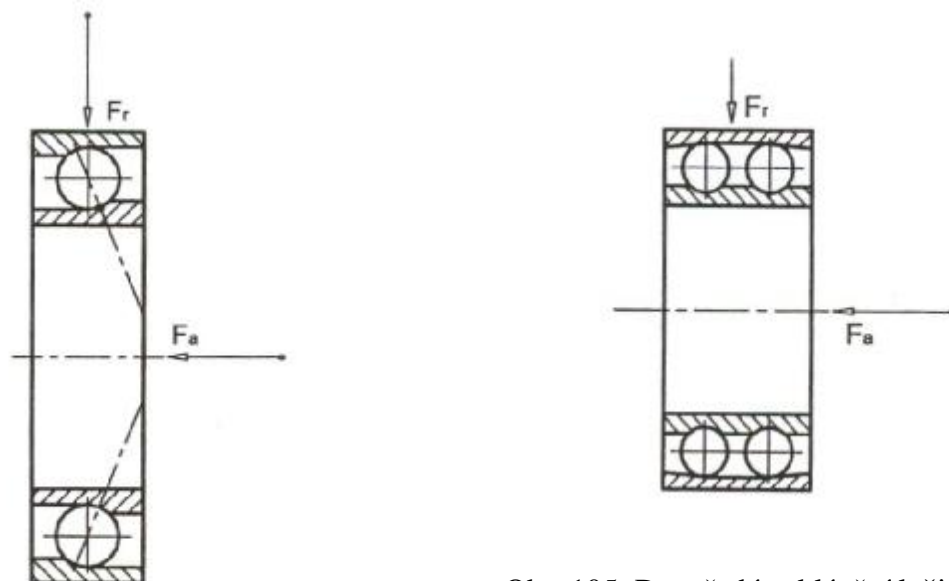
Podle valivého tělíska jsou ložiska kuličková, válečková, soudečková, kuželíková a jehličková.



Obr. 103 Tvary valivých tělísek

Podle počtu řad jsou ložiska jednořadá a víceřadá. Podle provedení mohou být ještě ložiska s kosoúhlým stykem a naklápěcí ložiska.





Obr. 104 Ložisko s kosoúhlým stykem

Obr. 105 Dvouřadé naklápací ložisko

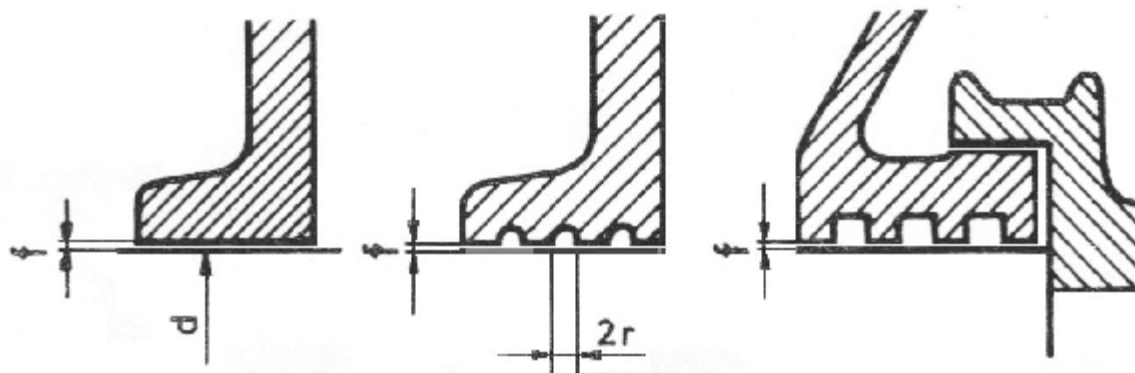
### **Mazání:**

Pro valivé tření není mazání nutné, uplatní se u tření mezi klecí a valivými tělísy. Další funkcí maziva je chlazení ložisek, ochrana proti korozi a při mazání tukem i zabránění přístupu nečistot. Mazání tukem je výhodné z hlediska snadnějšího těsnění hřídele a pro nižší provozní teploty. Mazání olejem se používá tam, kde jsou ložiska v uzavřené skříni a olejem se maže další součást (ozubená kola). Nejjednodušší způsob mazání je mazání olejovou lázní – pro nižší otáčky, při vysokých otáčkách se přivádí olej do ložiska v takovém množství, aby mohl odvádět teplo vzniklé třením valivých tělísek o kroužky a klec. Účinný je způsob mazání přímým vstřikem oleje do ložiska. Odváděný olej je pak možné chladit a čistit.

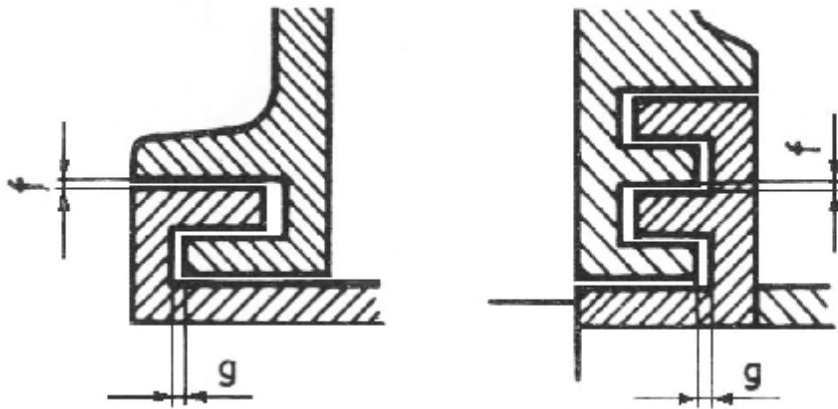
### **Těsnění ložisek:**

Pro správný chod ložiska a dosažení vysoké životnosti je nutné dobré utěsnění celého uložení. Těsnění ložiskového prostoru slouží k zabránění vniku nečistot a vlhkosti do ložiska a naopak zabraňuje unikání maziva z prostoru. Ložiskový prostor utěsníme dvěma základními způsoby – bezdotykově nebo dotykově, případně jejich kombinací.

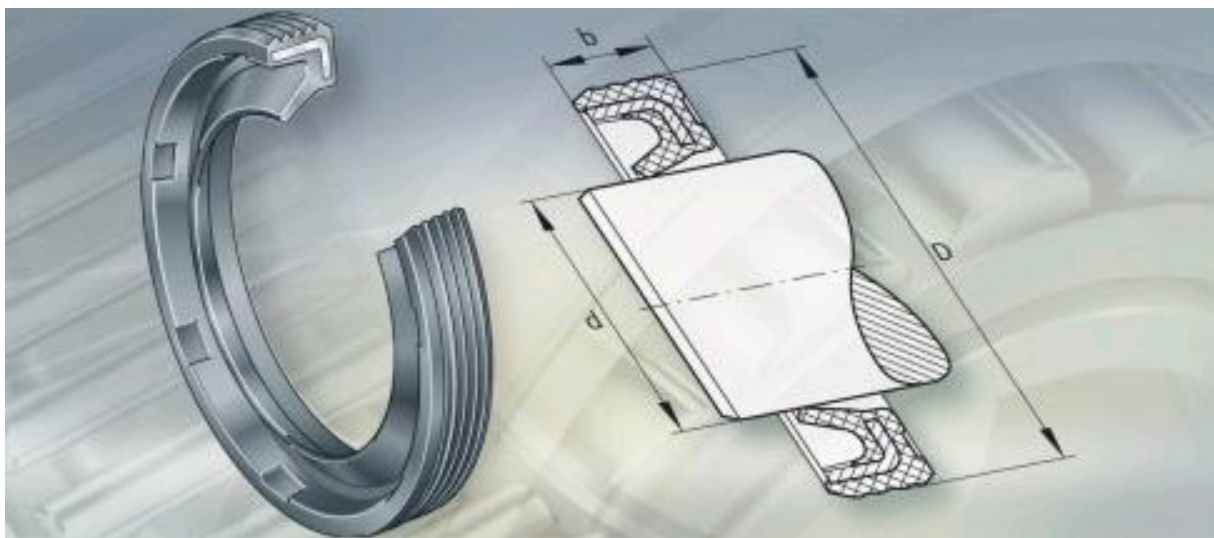
**Bezdotykové těsnění** využívá těsnicí schopnosti úzké spáry. Nejjednodušší a výrobně nejméně náročné je bezdotykové těsnění štěrbinové, účinné je těsnění labyrintové. Při tomto těsnění nevzniká prakticky přídavné tření, těsnění se neopotřebovává a je odolné proti mechanickému poškození.



Obr. 106 Štěrbínové těsnění:



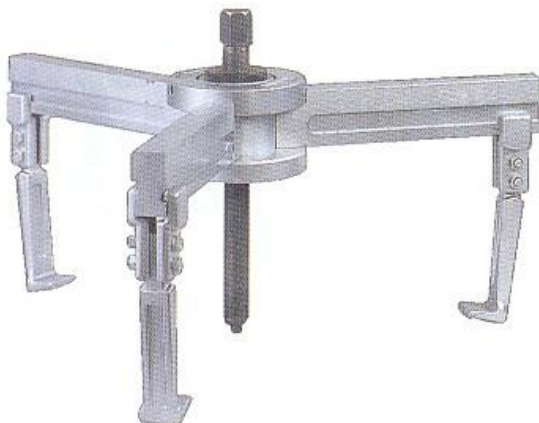
Obr. 107 Labyrintové těsnění:



Obr. 108 Těsnicí kroužek Gufero

**Montáž a demontáž:**

Při montáži se nesmí síly přenášet přes valivá tělíska, používají se různé přípravky, pro demontáž – pokud chceme ložisko ještě použít – to platí také, používají se mechanické stahovány, které uchopí oba kroužky.

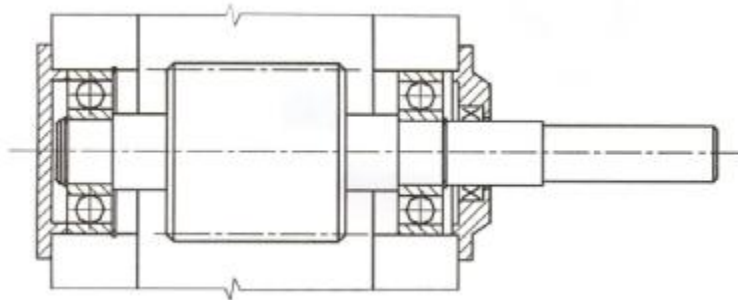


Obr. 109 Třiramenný stahovák



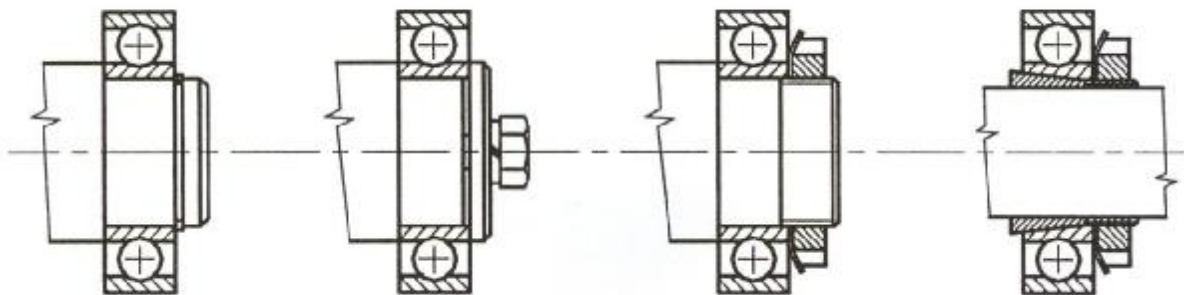
Obr. 110 Dvouramenný stahovák

Pojišťuje se buď vnější nebo vnitřní kroužek ložiska. Zajišťují se buď obě ložiska vnějšími kroužky, nebo jen jedno – toto řešení pak umožňuje posuv ložiska v důsledku roztažnosti hřídele teplem (vhodné hlavně pro dlouhé hřídele).



Obr. 111 Pojištění vnějšího kroužku ložiska

Vnitřní kroužek ložiska se pojišťuje pomocí pojistného kroužku, podložky se šroubem, maticí KM s podložkou MB a upínacím pouzdem.



Obr. 112 Pojištění vnitřního kroužku ložiska

***Výhody valivých ložisek proti kluzným:***

- menší tření, a tím větší účinnost, a to i při rozběhu, doběhu, při malých otáčkách a při kývavém pohybu
- menší délka ložiska
- většina typů radiálních ložisek zachycuje i axiální síly
- jsou odolnější proti zadření
- menší nároky na údržbu – potřebují méně maziva
- všechna jsou normalizovaná – běžně dostupná pro výměnu
- umožňují vysoké otáčky hřídelí bez značného nárůstu oteplení až 30 000 otáček za minutu

***Nevýhody valivých ložisek proti kluzným:***

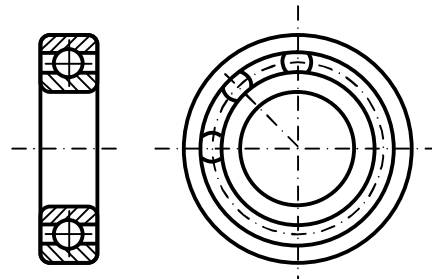
- hůře snáší rázy
- u většiny typů mají větší vnější průměr
- při vyšších otáčkách mohou být hlučnější

### **Zobrazování valivých ložisek:**

Mohou se zobrazovat:

- podrobně – včetně zobrazení valivých elementů a klece
- zjednodušeně – s vynecháním zobrazení klece a dalších podrobností
- schematicky osovým křížem kresleným souvislou tlustou čarou v místě valivého elementu
- schematicky s vyznačením počtu valivých elementů nebo s vyznačením tvaru valivých ploch

Obr. 113 Zobrazení kuličkového ložiska v pohledu a řezu



Obr. 114 Schematické zobrazení valivých ložisek

## 7. Převody

Mechanické převody jsou mechanismy, které přenášejí energii od motoru k pracovním orgánům strojů, přičemž mění rychlost i charakter pohybu, velikost sil i momentů. Otáčky motoru mívají většinou vyšší otáčky, než jsou otáčky hřídelů pracovních strojů. V mnoha případech jeden motor uvádí do pohybu několik mechanismů, které mají různé otáčky. Někdy je třeba provést regulaci rychlosti pracovního stroje nebo některého jeho mechanismu. Jindy potřebuje pracovní stroj vyšší kroutící moment než jaký je schopen vyvodit motor.

Mechanismy určené k přenosu rotačního pohybu nazýváme převody. Nejjednodušší převod (jednostupňový) převádí rotační pohyb z hnacího hřídele na hnaný hřídel, a skládá se ze dvou převodových kotoučů, které jsou buď v přímém styku nebo převod pohybu z hnacího kotouče na hnaný kotouč zprostředkuje ohebný pás.

### Druhy převodů:

#### Podle konstrukce:

- **Přímé**
  - třecí* – kola se dotýkají a k přenesení síly mezi nimi dochází díky tření
  - ozubený* – kola jsou ozubená a síla se přenáší dotykem do sebe zapadajících zubů
- **Nepřímé**
  - řemenový* – kola (nazývaná řemenice) jsou propojena řemenem a síla se přenáší třením mezi ním a koly, tření lze zvýšit použitím řemenu s průřezem lichoběžníku (klínový řemen), řemen může být i zkřížený
  - řetězový* – ozubená kola jsou propojena řetězem, který přenáší sílu působením na zuby kol

#### Podle směru otáčení:

- *Souhlasné* – kolo hnací a hnané se otáčejí v souhlasném směru (v případě řetězového a řemenového nezkříženého převodu)
- *Nesouhlasné* – kola se otáčejí v nesouhlasném směru (v případě třecího, ozubeného a řemenového zkříženého převodu)

#### Podle velikosti převodu:

- *Dorychla* – převodový poměr je větší než jedna, hnané kolo se otáčí rychleji než hnací kolo, dochází ke zmenšení momentu síly,
- *Dopomala* – převodový poměr je menší než jedna, hnané kolo se otáčí pomaleji než hnací, dochází ke zvětšení momentu síly.

U správně pracujících převodů mají oba převodové kotouče stejnou obvodovou rychlost:

$$v = p d_1 n_1 = p d_2 n_2$$

Kolo, které je roztáčeno vnější silou, se nazývá *hnací kolo*, kolo, které je roztáčeno hnacím kolem, se nazývá *hnané kolo*. Kola nemají společnou osu otáčení (na rozdíl od kola na hřídeli).

Velikost převodu vyjadřuje veličina **převodový poměr  $i$** :

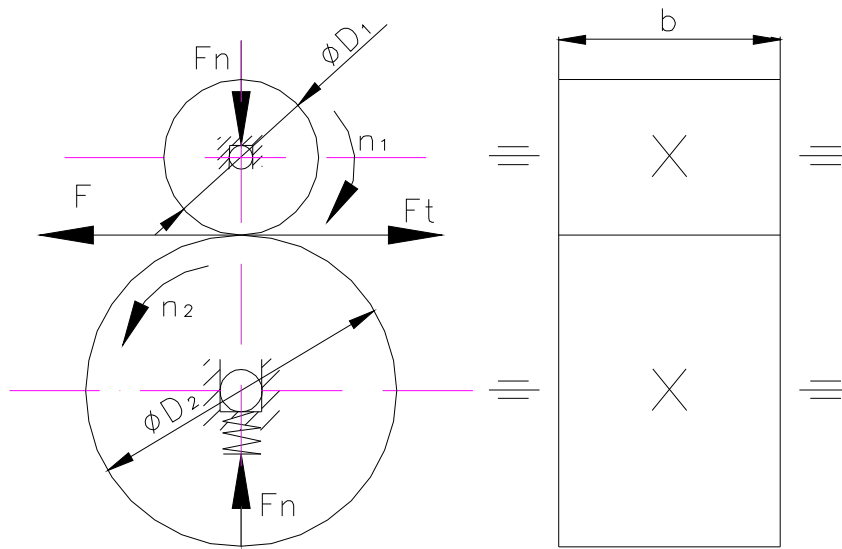
$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{D_2}{D_1}$$

kde:  $n_1$  otáčky hnacího kola (pastorku)  
 $n_2$  otáčky hnaného kola  
 $z_1$  počet zubů hnacího kola (pastorku)  
 $z_2$  počet zubů hnaného kola  
 $D_1$  roztečný průměr hnacího kola (pastorku)  
 $D_2$  roztečný průměr hnaného kola.

Použitelnost různých typů převodů je omezena určitým mezním výkonem. Nejvyšší výkony lze přenášet ozubenými koly.

### 7.1 Třecí převody

- Obvodová síla se přenáší mezi přitlačovanými kotouči třením
- Mohou být uspořádány jako převody se stálým nebo plynule měnitelným převodovým číslem
- Hodí se pro přenos menších výkonů



Obr. 115 Třecí převod

$D_1$  ...průměr hnacího kotouče  
 $D_2$  ...průměr hnaného kotouče  
 $n_1$  ... hnací otáčky  
 $n_2$  ... hnané otáčky  
 $F$  ... obvodová síla  
 $F_t$  ... třecí síla  
 $F_n$  ...přítlačná síla (vyvolaná tlakem pružiny na hnací hřídel s kolem)

#### Výhody:

- Klidný chod
- Pro výrobu není potřeba speciálních strojů
- Malá vzdálenost os
- Pro přenos krouticích momentů není potřeba tažných členů
- Přitlačením a uvolněním kotouče může převod splňovat funkci spojky

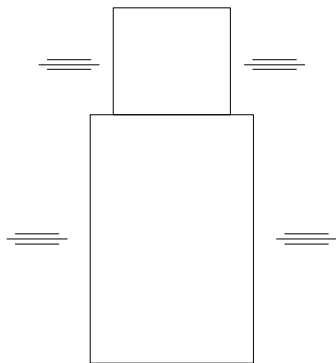
- Rázy v pohonu se vyrovnají prokluzem třecích kol
- Vyměnitelnost třecího obložení zajišťuje velkou trvanlivost

**Nevýhody:**

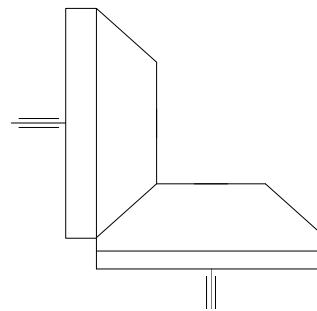
- Velký tlak na kola a ložiska vyvolaný přitlačnou silou
- Nestálost převodového poměru (kolísání otáček)

**Druhy třecích převodů:**

- Třecí soukolí se stálým převodovým poměrem
  - Válcové
  - Kuželové



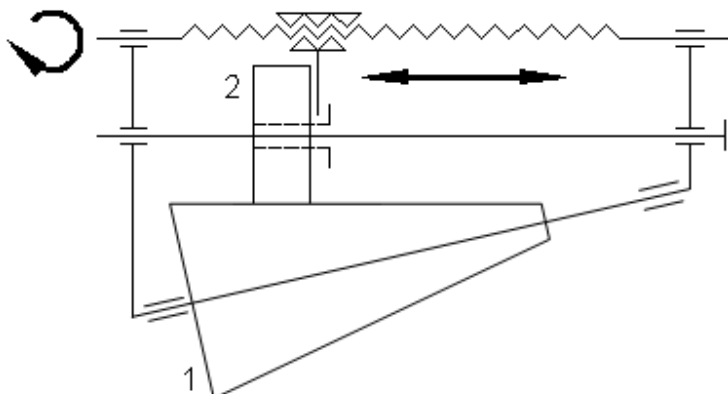
Obr. 116 Válcový třecí převod



Obr. 117 Kuželový třecí převod

- Třecí soukolí s měnitelným převodovým poměrem (variátory)
  - Převod s plynulou regulací otáček
  - Otáčky hnaného stroje lze měnit i za chodu

Na hnací hřídeli je upevněn kuželový buben, na který je od motoru přiváděn konstantní kroučící moment. Hnaná hřídel nese válcový kotouč, který je uložen posuvně. Posouváním kotouče se mění převodový poměr:  $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1}$



1 ... hnací kolo  
2 ... hnané kolo

Obr. 118 Variátor

Činné plochy převodových kotoučů bývají kovové nebo z měkkých materiálů. Celokovové jsou ocelové, litinové, bronzové nebo hliníkové, mají malý součinitel tření, a proto vyžadují

velkou přitlačnou sílu. Používají se pro převody, které jsou trvale v chodu a přenášejí větší výkony.

Kotouče s měkkou třecí plochou jsou kovové a pouze třecí plochy mají obloženy měkkým materiálem (kůže, guma, fíbr, korek). Mají velký koeficient tření, tzn. stačí malá přitlačná síla. Měkký materiál se rychleji opotřebí, využívá se proto pro převody, které přenášejí menší výkony a jsou v chodu jen občas.

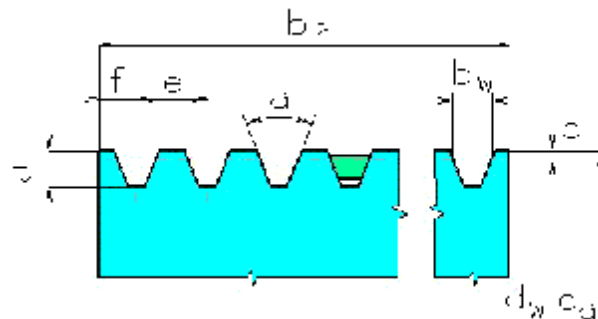
#### **Výhody:**

Při proměnlivém zatížení, změně rychlosti, reverzaci chodu a zapínání za chodu se prokluzováním tlumí rázy, takže soukolí zabírají pružně a nehlučně.

#### **Nevýhody:**

Přitlačná síla zatěžuje ložiska. Nelze počítat se stálou hodnotou převodových poměrů.

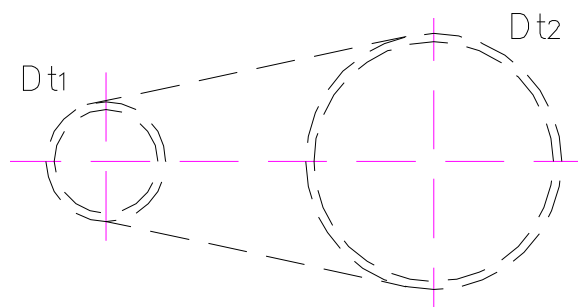
Zvětšit tření u převodových kotoučů a tím i přenášený výkon lze klínovými drážkami.



Obr. 119 Klínové drážky na třecím kotouči

## **7.2 Řemenové a lanové převody**

Krouticí moment je přenášen ohebným členem (řemenem nebo lanem), který je opásán přes kola řemenových nebo lanových kotoučů.



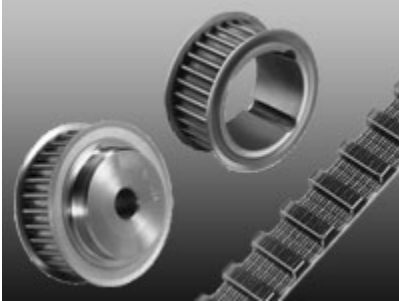
Obr. 117 Řemenový nebo lanový převod

#### **Druhy řemenů:**

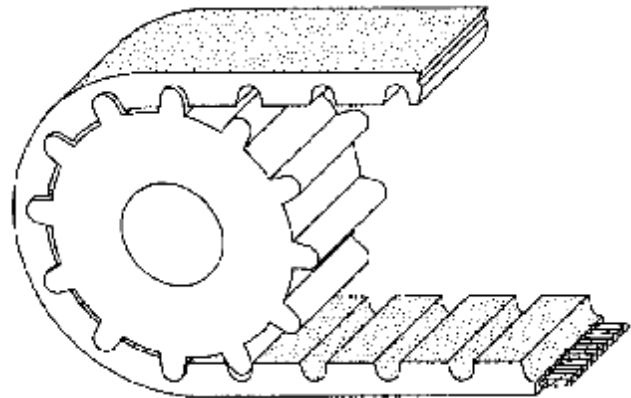
- Ploché
  - Kožené – pro přenos menších výkonů, spojují se lepení, prošíváním nebo kovovými sponami.
  - Textilní – z bavlněné, vlněné, konopné, hedvábné příze nebo ze syntetických vláken.
  - Pryžové a plastové – vyztuženy několika vrstvami textilních vložek



K přenosu výkonu resp. otáček z hnací na hnanou řemenici bez prokluzu slouží ozubené řemeny.



Obr. 121 Ozubený řemen a ozubené řemenice



Obr. 122 Ozubený řemen a řemenice

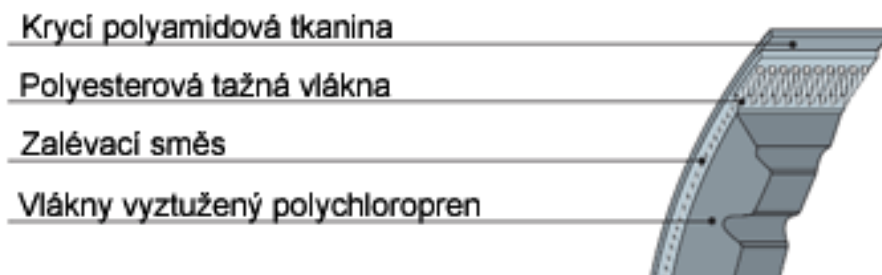
- **Klínové** – mají profil rovnoramenného lichoběžníku s vrcholovým úhlem  $40^\circ$ . Vyrábějí se z pryže a jsou vyztuženy několika vrstvami textilních pásů. Zvýšený účinek smykového tření na klínové drážce dovoluje velký převodový poměr při malé vzdálenosti hřídelů. Klínovým řemenem lze přenášet velký výkon. Obvykle bývá klínový řemen z jednoho kusu. Horní část klínového řemene je namáhána tahem a spodní část profilu bývá při ohyhu na řemenici tlačena, v horní části řemene jsou kordová vlákna uložená v gumě, spodní část je vyplněna gumou. To zvětšuje dosedací plochu řemene a zmenšuje měrný tlak v drážce.

Podle tvaru povrchu:

- § rovné (hladké)
- § ozubené



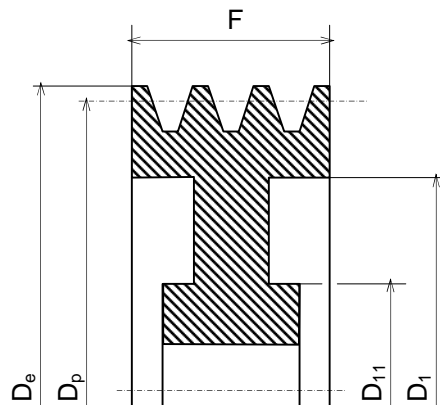
Obr. 123 Klínový hladký řemen



Obr. 124 Klínový ozubený řemen

- **Kruhového průřezu** – používá se velmi málo pro malé převody a jemnou mechaniku.

Kreslení klínové řemenice:



Obr. 125 Klínová řemenice

### Materiál řemenic:

- Lité z šedé litiny
- Lité z oceli na odlitky – jako rychloběžné řemenice
- Z hliníkové slitiny – pro menší řemenice, hlavně pro klínové řemeny
- Z plastů, silonu, teflonu – pro malé řemenice pro klínové řemeny a kladky pro lanka v přesné mechanice.



Obr. 126 Příklad klínových řemenic

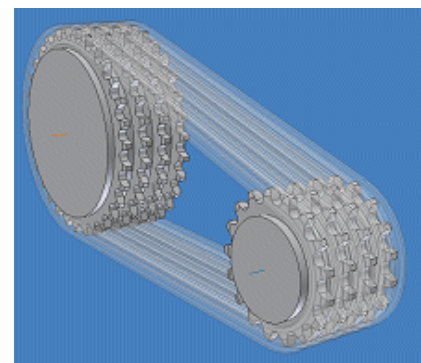
Lanové převody se používají u zdvihacích zařízení a pro sklápění výložníků. Lana jsou normalizovaná v mnoha provedeních z ocelových drátků. Dráty se splétají v prameny a ty potom v lano. Mezi prameny bývá konopná duše napuštěná mazivem. Vzájemný smysl vinutí pramene a lana může být stejnosměrný nebo protisměrný. Stejnosměrná lana jsou měkčí, ohebnější a trvanlivější, protisměrná lana se tak snadno nezkrucují a netvoří smyčky.

### 7.3 Řetězové převody

Obvodová síla se přenáší tvarovým stykem z ozubeného kola hnacího na řetěz a z něj na hnané kolo. Hodí se pro rovnoměrný přenos krouticího momentu na střední vzdálenosti.

#### Výhody

- Menší namáhání hřídelí a ložisek než u řemenových převodů
- Možnost pohonu několika hřídelí jedním řetězem



Obr. 124 Řetězový převod

- Tvarová vazba zajišťuje stálý převodový poměr
- Dobrá odolnost vůči vyšším teplotám a prachu
- Velmi dobrá účinnost
- Mohou pracovat při krátkodobých přetíženiích

### Nevýhody

- Hlučnost chodu
- Vysoká cena
- Při malém počtu zubů řetězového kola (hnací) není zcela rovnoměrný chod během jedné otáčky
- Převod je choulostivý na přesnou montáž, velká náročnost na nastavení hřídelů a správné napnutí řetězu
- Obtížné mazání kloubů řetězů

### Podle použitých řetězů

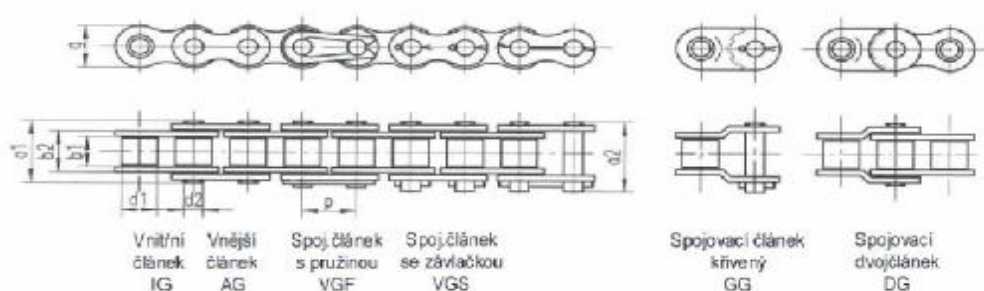
- Převody s článkovými řetězy (u zdvihadel)
- Převody s kloubovými řetězy (válečkové, pouzdrové)
- převody se zubovými řetězy
- převody s lamelovými řetězy

### Převody s kloubovými řetězy

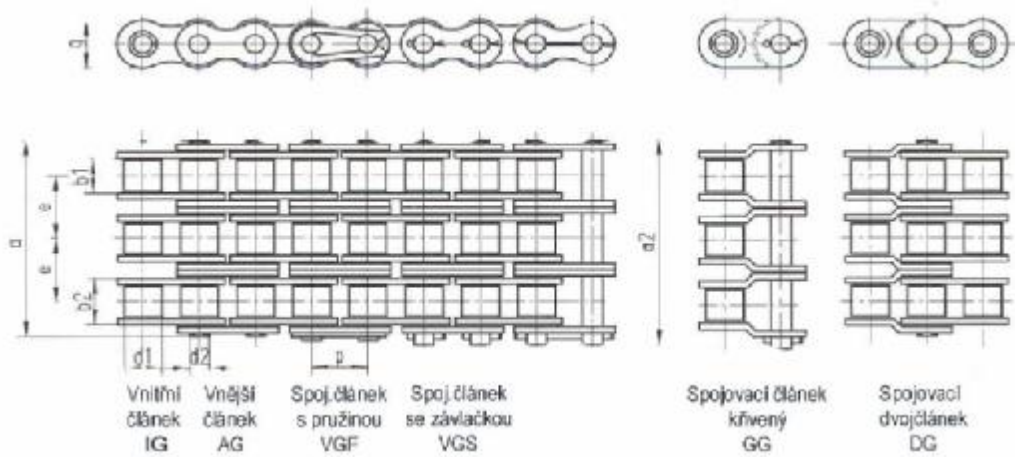
- Kloubové řetězy jsou bezkoncové (nerozebíratelné), nebo častěji rozebíratelné (lze zkrátit)
- Při volbě řetězu se u válečkových a pouzdrových řetězů uvádí lichý počet článků, protože spojka se do počtu článků nepočítá



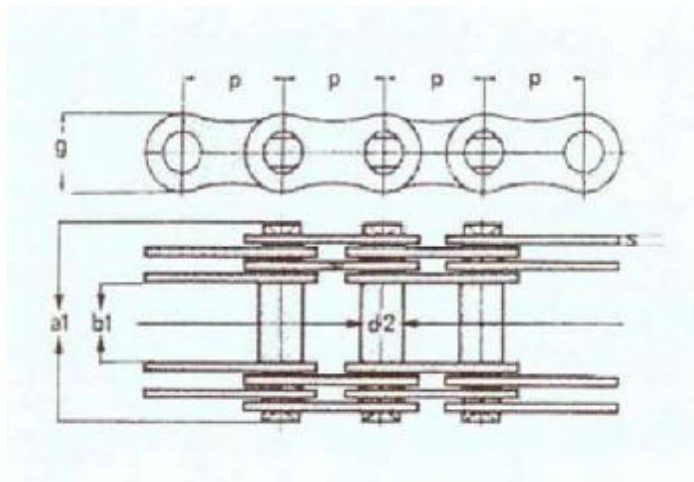
Obr. 128 Kloubové řetězy



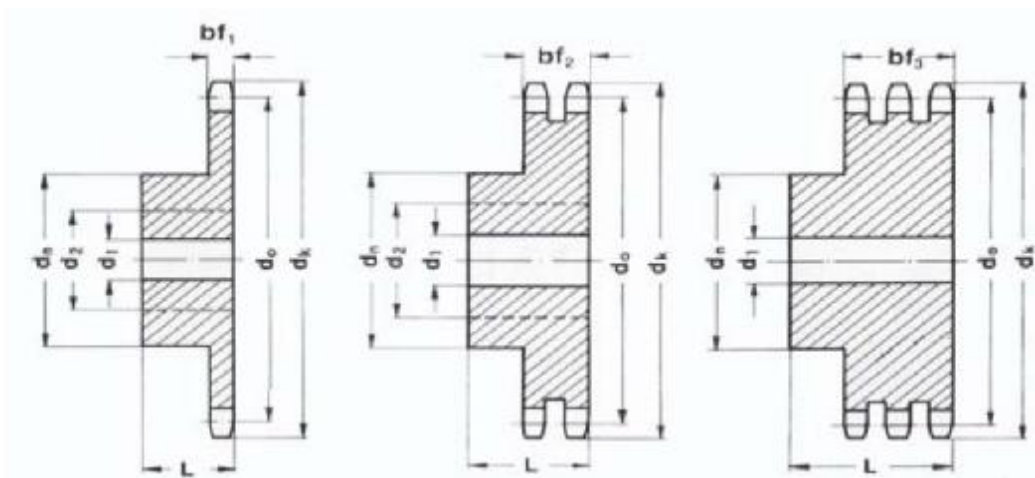
Obr. 129 Válečkový řetěz jednořadý



Obr. 130 Válečkový řetěz trojřadý



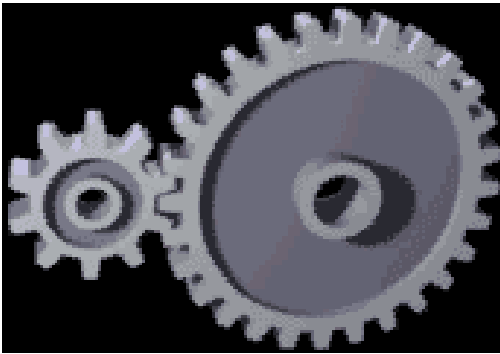
Obr. 131 Gallovy řetězy



Obr. 132 Řetězová kola

Řetězy jsou normalizované a vyrábějí se v určitých rozměrech.

## 7.4 Ozubené převody



Obr. 133 Ozubený převod

Používají se u převodů se stálým **převodovým poměrem** a u převodů s malými osovými vzdálenostmi (tj. vzdálenost středů dvou daných kol). Jedná-li se o jednoduchý převod, pak se menší z kol se nazývá **pastorek**.

Ozubených převodů existuje celá řada, proto existuje i řada kritérií, podle nichž je lze rozdělit:

1. podle vzájemné polohy os kol:

- a) rovnoběžné – **čelní soukolí** s vnitřním nebo vnějším ozubením
- b) různoběžné – **soukolí kuželové** (nejčastější je úhel  $90^\circ$ , ale může být obecně i jiný)
- c) mimoběžné – **šroubová ozubená kola**, kola mají tvar válců se šroubovitě vinutými zuby

2. podle průběhu zubů:

- a) soukolí čelní se zuby přímými, šikmými, šípovými, obloukovými, ...
- b) soukolí kuželová se zuby přímými, šikmými, šípovými a zakřivenými

Při konstrukci ozubených kol i vlastních převodů je snaha dodržovat tyto zásady: převodový poměr  $i$  má být neměnný během jedné otočky a ztráty způsobené třením a opotřebením zubů musí být minimální.

Šnekové soukolí:



Obr. 134 Šnekový převod

### **Modul**

je základní katalogový údaj u ozubených kol. Modulem se určuje hlavně velikost ozubeného kola.

### **Ozubená kola v určitém převodu musí mít stejný modul**

Modul se vybírá podle výkonu, který musí dané kolo přenášet.

Větší modul je pro větší výkon

Menší modul pro menší velikost (a zčásti i větší přesnost)

Modul  $m$  se vypočítá: 
$$m = \frac{t}{p}$$

kde  $t$  je obvodová vzdálenost dvou zubů (jejich os) – rozteč

Každý zub má dvě části:

*Hlava* – velikost hlavy je rovná modulu

*Pata* – rovná modulu plus pracovní vůle

*Pracovní vůle* může být od 10% do 50%, ale nejčastěji 25%.

*Pracovní vůle* (*vůle v zubech*) se volí větší u větších otáček, snižuje však přesnost u změny směru otáčení (převod chvíli nereaguje).

Vzdálenost os dvou ozubených kol  $D$  se vypočítá:

$$D = m \frac{z_1 + z_2}{2}$$

**kde:**

$z_1, z_2$  - počet zubů kola 1 a 2

$m$  - modul

výška hlavy zubu:  $h_h = m$

výška paty zubu:  $h_p = m + 0,25 m = 1,25 m$

výška zubu:  $h = h_h + h_p = 2,25 m$

## 8. Hřídelové spojky

Většina hnacích i hnaných strojů má pohybuující se části, které přenášejí mechanickou energii – to znamená síly zároveň s pohybem a to buď uvnitř stroje, nebo z hnacího stroje na stroj pracovní. Někdy se přitom požaduje, aby se měnil druh pohybu (točivý na přímočarý posuvný nebo naopak), aby se měnily přenášené síly (točivé momenty) a rychlost pohybu.

Hřídelové spojky jsou strojní součásti, které slouží ke spojování dvou hřídelů a přenášejí z hřídele hnacího na hnaný otáčivý pohyb a krouticí moment. Kromě toho musí spojky plnit ještě celou řadu dalších úkolů:

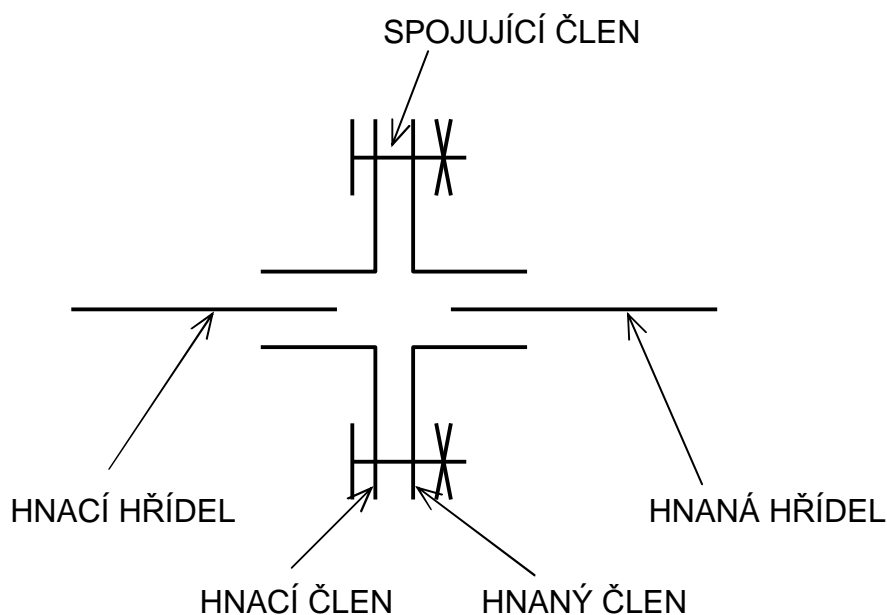
- ✓ vyrovnávají chyby v nastavení vzájemné polohy hřídelů (vyrovnávají nesouosost spojovaných hřídelů)
- ✓ chrání zařízení (pracovní stroj) proti přetížení
- ✓ tlumí rázy a torzní kmity spojených hřídelů
- ✓ umožňují spojení a rozpojení hřídelů i během chodu stroje
- ✓ umožňují vyrovnávat teplotní dilatace
- ✓ umožňují výrobu a dopravu hřídelů libovolné délky – usnadňují montáž nebo se používají u složitých součástí z důvodů výrobních
- ✓ umožňují axiální posuv hřídelů
- ✓ umožňují plynulý rozběh stroje

Podle způsobu přenosu momentu se rozdělují spojky na:

- ✓ mechanické neovládané
- ✓ mechanické ovládané
- ✓ hydraulické
- ✓ elektrické
- ✓ magnetické

Spojka se skládá ze tří hlavních částí:

- ✓ hnací člen
- ✓ hnaný člen
- ✓ spojovací člen



Obr. 135 Základní schéma spojky

Podle konstrukce a použití rozdělujeme spojky na:

- ∅ spojky nepružné
  - pevné
  - pohyblivé
- ∅ spojky pružné
  - s kovovým pružným členem
  - s nekovovým pružným členem
- ∅ spojky výsuvné
  - zubové
  - třecí
- ∅ spojky elektromagnetické
  - indukční
  - práškové
- ∅ spojky zvláštní
  - rozběhové
  - pojistné
  - volnoběžné

### Návrh spojky

Při návrhu spojky je třeba se řídit následujícími pravidly:

- 1) musí být snadno rozebíratelné a lehké
- 2) musí být umístěny co nejbližší ložisku
- 3) přes rotační tvar spojky nesmí přecházet jakýkoliv výstupek, jinak musí být opatřena ochranným krytem
- 4) rychloběžné spojky se provedou celé opracované a vyvažují se

K určení velikosti spojky je třeba znát druh hnacího a hnaného stroje, velikost přenášeného krouticího momentu, počet otáček, popř. počet sepnutí za časovou jednotku.

Velikost spojky se určí:

- 1) pomocí provozního součinitele  $K$
- 2) pomocí náhradní soustavy soustrojí
- 3) pomocí podrobného dynamického výpočtu

Pomocí provozního součinitele  $K$  se určí výpočtový točivý (krouticí) moment spojky dle vztahu:

$$M_v = K \cdot M = K \frac{P}{2p n} \qquad M = \frac{P}{2p n}$$

$M$  – jmenovitý točivý moment hnacího stroje ( $N \cdot m$ )

$P$  – přenášený výkon ( $W$ )

$n$  – otáčky ( $s^{-1}$ )

Provozní součinitel spojky je podmíněn rázy za provozu způsobenými jak hnacím, tak i hnaným strojem. Určí se se zřetelem na druh hnacího a hnaného stroje.

Tam, kde má mít spojka co nejmenší rozměry nebo může dojít k zablokování spojky během provozu, se provádí výpočet momentu  $M_v$  pomocí náhradní soustavy soustrojí (viz ČSN 02 62 08).

### **8.1 Nepružné spojky**

Tyto spojky neumožňují tlumení rázů při rozběhu a za chodu. Mají menší použití proti spojkám pružným. Hodí se pro přenos malých i velkých klidných krouticích momentů.



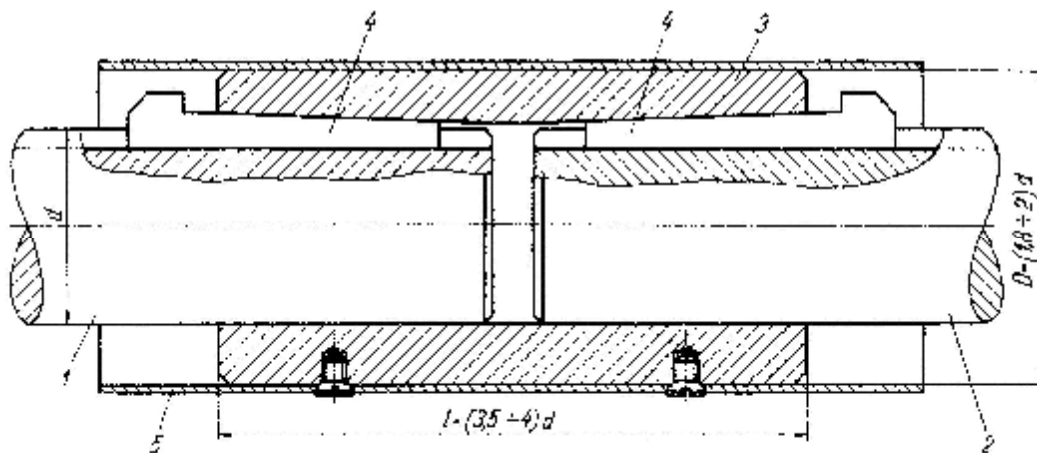
### 8.1.1 Spojky pevné

Pevnými spojkami se dosahuje trvalého pevného spojení dvou hřídelů bez možnosti jejich relativního pohybu. Spojované hřídele musí být naprosto souosé. Proměnné krouticí momenty jsou přenášeny v plném rozsahu z jednoho hřídele na druhý.

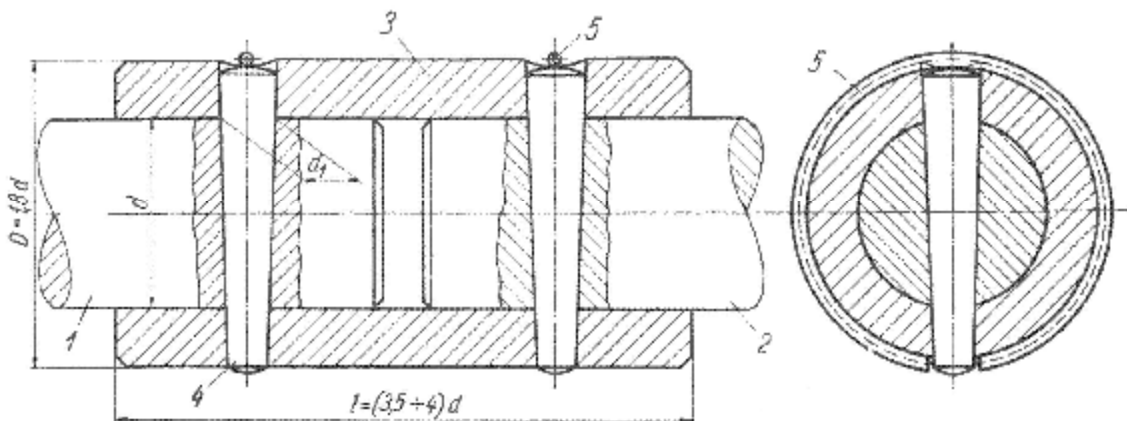
Pevné spojky mohou přenášet i určité momenty ohybové, musí být ale uloženy v těsné blízkosti ložisek. Vynikají jednoduchostí konstrukce a jsou levné.

#### *Spojka objímková*

spojuje hnací hřídel s hřídelem hnaným prostřednictvím podélných klínů a objímky. Často se dělá jako objímková kolíková spojka, kde je spojení hřídele s objímkou dosaženo kuželovými kolíky. Kolíky jsou zajištěny proti vypadnutí kruhovou pružinou.



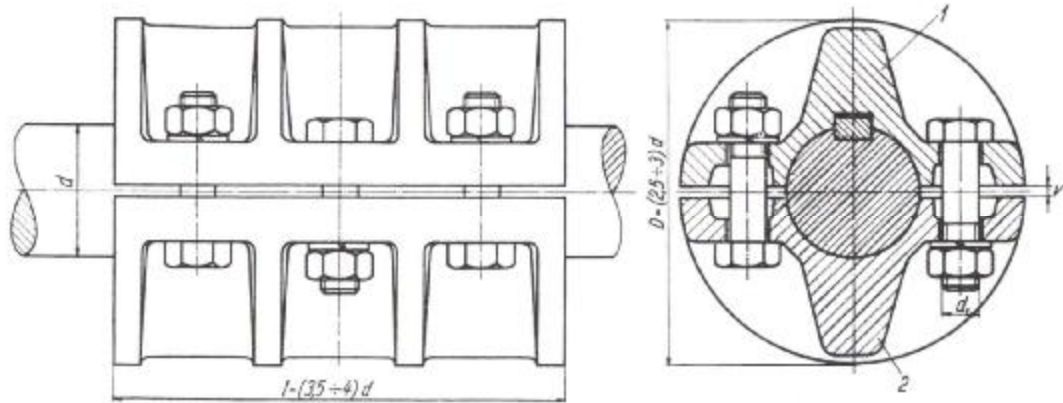
Obr. 136 Pevná objímková spojka



Obr. 137 Pevná objímková (kolíková) spojka

### ***Spojka korytková***

Skládá se ze dvou shodných těles, stažených 4, 6 nebo 8 šrouby. Spojka tvoří se spojovanými hřídeli svěrné spojení. Krouticí moment se přenáší třením, spojovací pero zajišťuje spojkou proti pootočení.



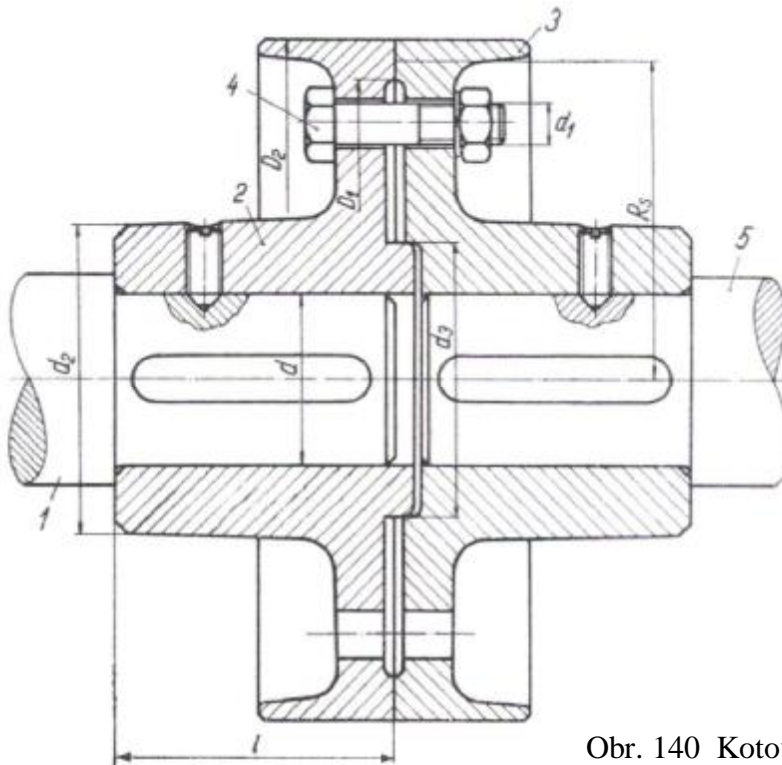
Obr. 138 Korytková spojka

### ***Spojka kotoučová***

Kotoučová spojka je nejpoužívanější pevná spojka. Je spolehlivá, konstrukčně i výrobně je jednoduchá. Hodí se pro přenos velkých krouticích momentů působících střídavě i nárazově. Skládá se ze dvou kotoučů, které jsou naklínovány nebo nalisovány na konci hřídelů. Krouticí moment se přenáší buď třením mezi kotouči spojenými pomocí šroubů – šrouby jsou namáhány pouze na tah (předepjatý šroub). Při proměnlivých krouticích momentech se kotouče spojují lícovanými šrouby nebo kuželovými čepy, v tomto případě jsou spojovací části namáhány na stříh.



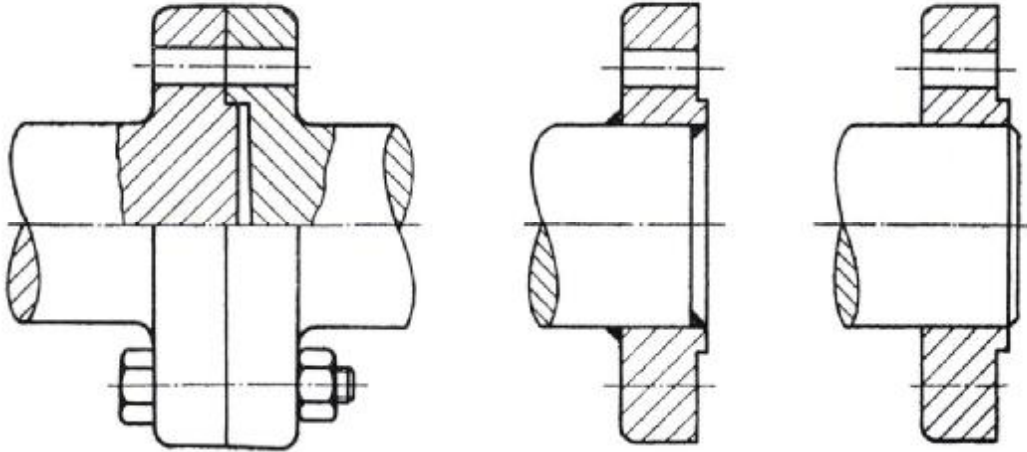
Obr. 139 Kotoučová spojka



Obr. 140 Kotoučová spojka

### ***Spojka přírubová***

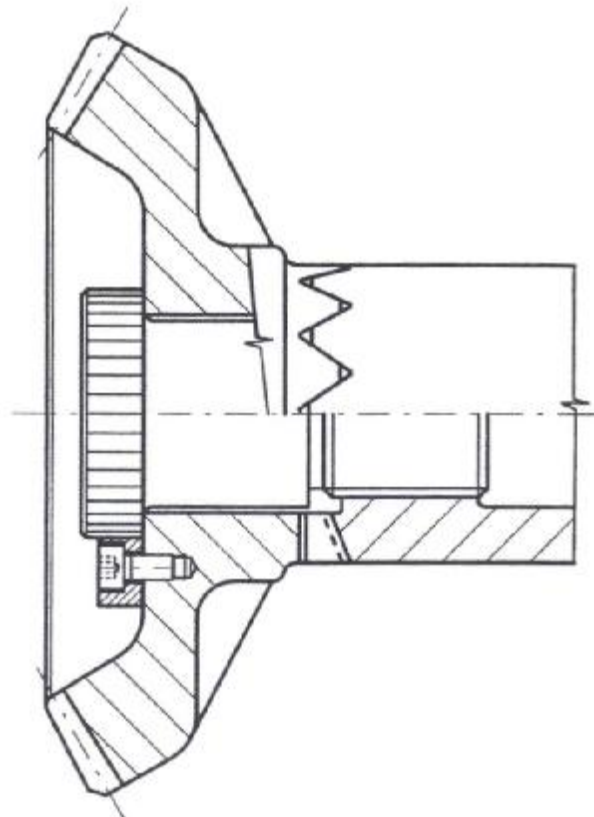
Přírubová spojka je obdoba spojky kotoučové. Používá se pro největší krouticí momenty, zpravidla proměnné velikosti. Příruby jsou buď přímo vykovány na hřídeli, nebo přivařeny nebo nalisované.



Obr. 141 Přírubová spojka

### ***Spojka Hirthova***

Používá se u ní tzv. Hirthovo ozubení – je vytvořeno na čelech zpravidla dutých součástí. Ozubení je na kuželové ploše, která může být jednostranná nebo oboustranná. Ozubení má trojúhelníkový profil. Hirthova spojka spojuje dělené složité součásti, umožňuje snadnou montáž i demontáž, má malé rozměry. Vyžaduje však poměrně přesnou výrobu, neboť musí být docíleno rovnoměrného dosednutí zubů, a tím vzájemného středění spojovaných částí.



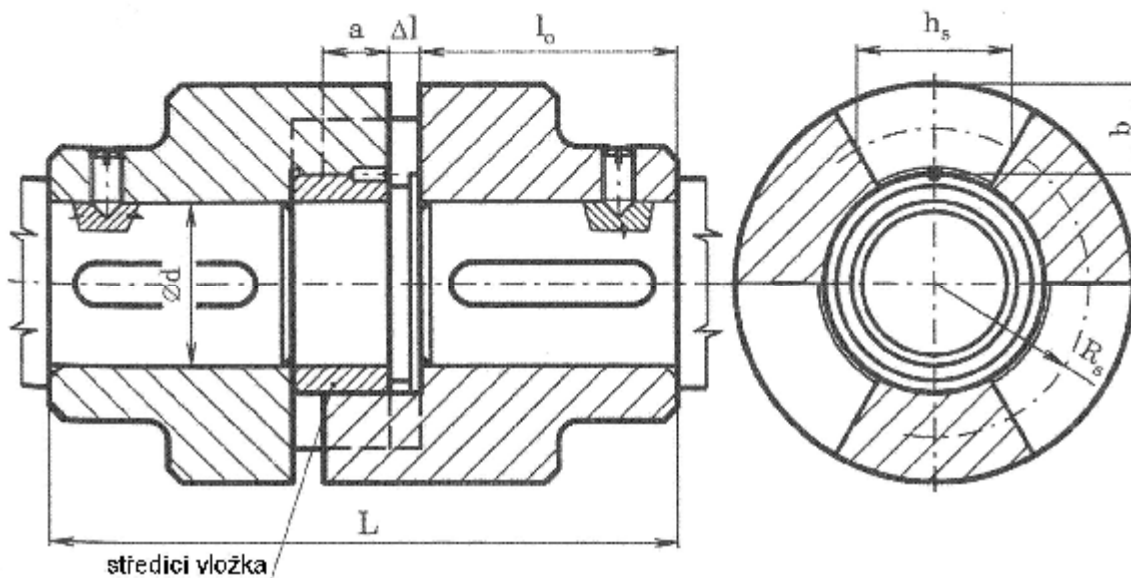
Obr. 142 Hirthova spojka

### 8.1.2 Spojky pohyblivé

Pohyblivé spojky jsou takové spojky, které při nepružném přenosu krouticího momentu dovolují osové dilatace, přesazení os hřídelů nebo úhlové výchylky os hřídelů.

#### *Spojka zubové dilatační*

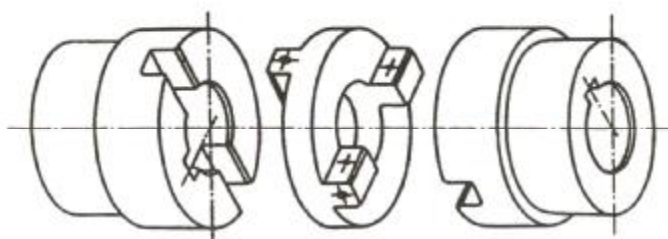
Dilatační zubová spojka připouští pouze posuv ve směru osy hřídele. Skládá se ze dvou stejných částí, na jejichž čelních plochách jsou vytvořeny ploché zuby, a z licované středící vložky. Počet zubů bývá 3 a více. Tato spojky se nejčastěji vyrábí z litiny.



Obr. 143 Zubová dilatační spojka

#### *Spojka Oldhamova*

Oldhamova spojka se používá pro spojování os při zachování jejich rovnoběžnosti. Může být použita jako spojka dilatační. Je tvořena hnací a hnanou částí, které bývají obvykle stejné, a ze středního křížového kusu, který do nich zapadá svými vybráními nebo výstupky.



Obr. 144 Zubová dilatační spojka

#### *Spojka řetězová*

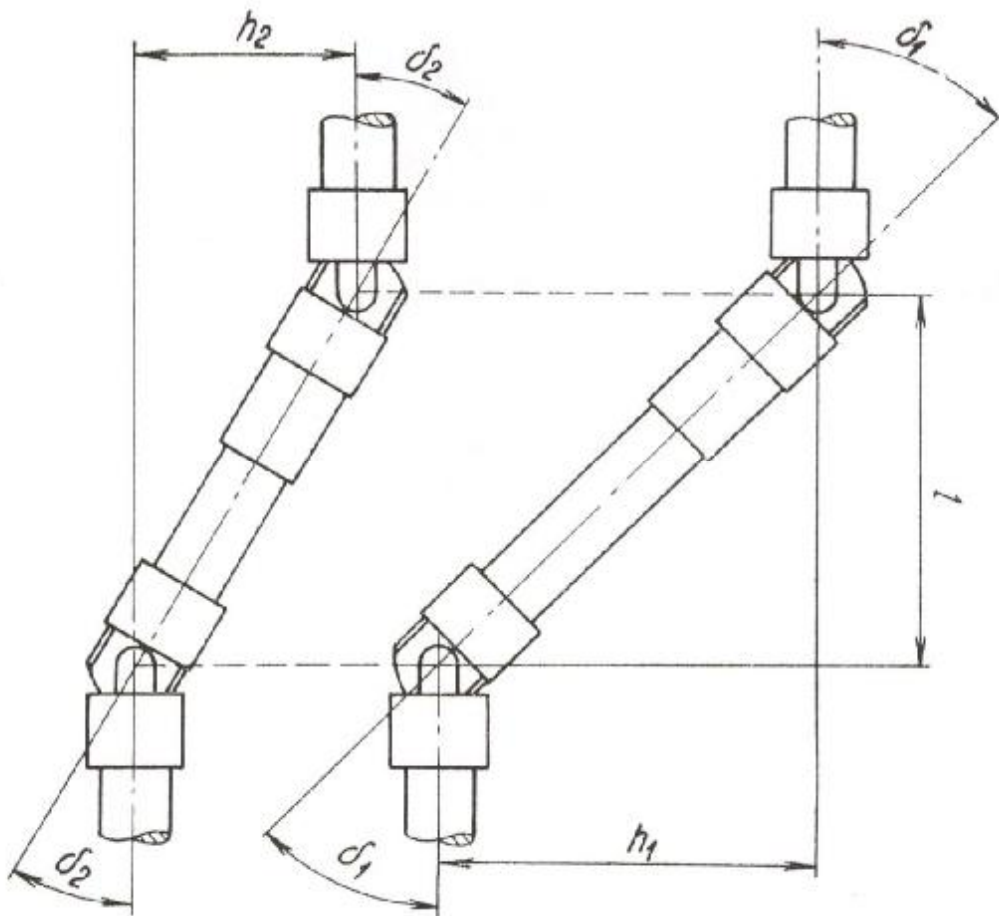
Řetězová spojka připouští nejen osové dilatace, ale i menší přesazení os a menší úhlové výchylky. Používá se v případech, kdy je nutno dodržet co nejmenší rozměry spojky a občas rychlé odpojení hnací i hnané části. Spojka se skládá ze dvou řetězových kol, do jejichž zubů je vložen válečkový řetěz.



Obr. 145 Řetězová spojka

### ***Spojka kloubová***

Kloubová spojka se používá pro přenos malých i vysokých krouticích momentů. Umožňuje pouze úhlovou výchylku os, proto bývá často kombinovaná se spojkou dilatační. Nevýhodou kloubových spojek je nerovnoměrnost chodu hnaného hřídele při stálé úhlové rychlosti hřídele hnacího. Výhodou je to, že umožňují spojení různoběžných hřídelů. Používají se ve všeobecném i těžkém strojírenství (stavba vozidel (mezi volantem a posilovačem řízení, u pohonu zadních kol – mezi spojkou a diferenciálem), obráběcích, hospodářských a papírenských strojů, ve stavbě jeřábů lodí, válcovacích tratí, u náradí apod.).



Obr. 146 Kloubová spojka

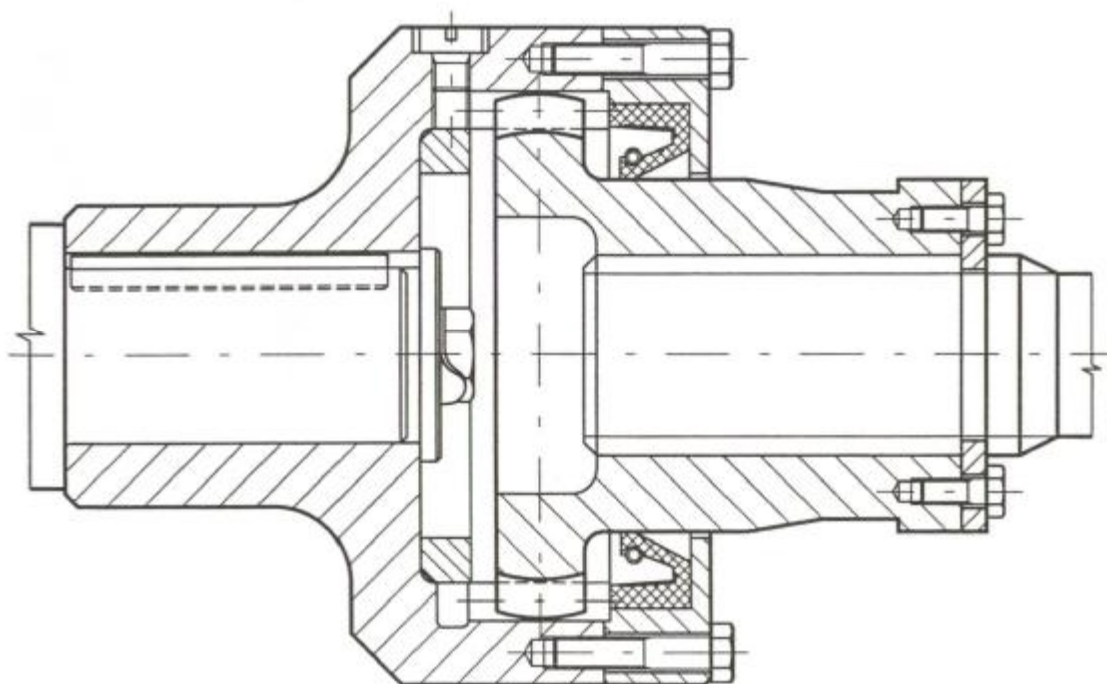


Obr. 147 Kloubová spojka

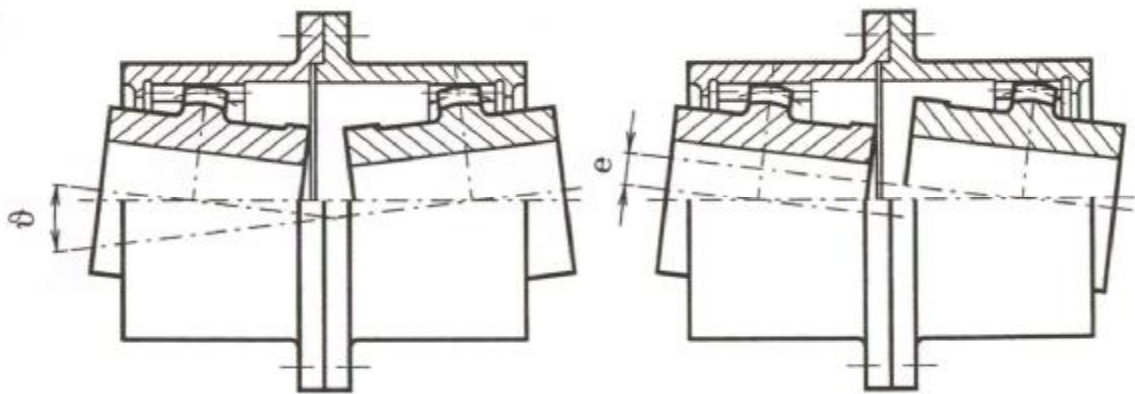
### ***Spojka zubová naklápěcí***

Naklápěcí zubové spojky mají poměrně malé rozměry, takže je lze umístit na kterékoliv hřídeli převodového mechanismu, včetně hřídele motoru. Provádějí se jako jednoduché a dvojité. Umožňují přenos krouticího momentu mezi hřídeli, které jsou vůči sobě úhlově vychýleny a současně osově dilatují, případně jsou vůči sobě přesazeny.

Hlavní částí dvojité spojky jsou dva ozubené náboje se soudečkovými zuby a dělená objímka s dvojicí vnitřního přímého ozubení. Aby se zabránilo vnikání prachu a nečistot do vnitřního prostoru spojky, jsou k objímce přišroubovány dva těsnící kroužky. Jako těsnění je možno použít plstěných kroužků nebo kroužků Gufero. Část vnitřního prostoru spojky je vyplněna olejem, který se za rotace rozdělí rovnoměrně mezi všechny zuby a zmenšuje jejich opotřebení.



Obr. 148 Zubová naklápěcí spojka jednoduchá



Obr. 149 Zubová naklápěcí spojka dvojitá

## 8.2 Pružné spojky

Pružné spojky jsou v podstatě spojky kotoučové. Hnací kotouč je s kotoučem hnaným spojen pružnými články, které mohou být z nekovových materiálů (kůže, guma, umělá hmota) nebo z kovu (pružinová ocel).

Pružné spojky mají tyto vlastnosti:

- tlumí rázy kroticího momentu
- mění kritické otáčky převodového mechanismu
- chrání mechanismus před rezonančními torsními kmity, vznikajícími nerovnoměrnostmi kroticího momentu
- nevyžadují souosost spojovaných hřídelů, vyrovnávají jejich vzájemné osové posuny i úhlové výchyly

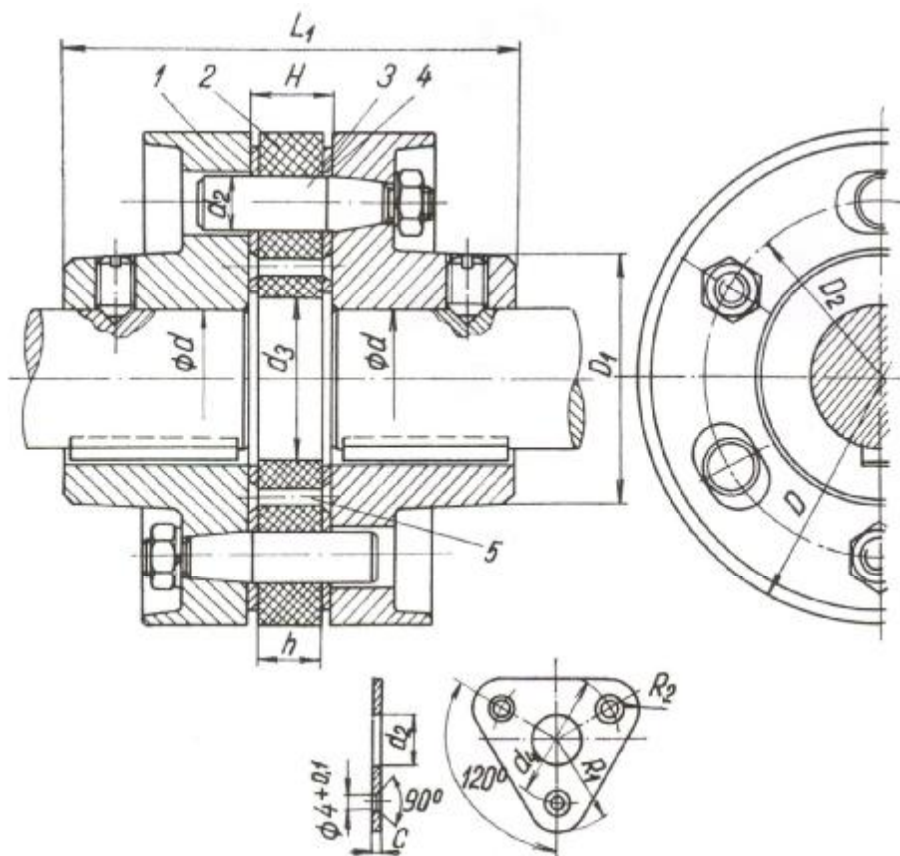
Pro tyto vlastnosti se hodí pružné spojky pro spojení hřídelů vystavených náhodným nebo pravidelným změnám kroticího momentu. Tyto vlastnosti způsobují pružiny namáhané podle konstrukce spojky na tah, tlak, smyk nebo kroucení. Kovové i nekovové pružiny mohou mít různé geometrické tvary a uspořádání ve spojce. Podle druhu materiálu, tvaru a uspořádání pružin je možno vytvořit mnoho typů pružných spojek.

### 8.2.1 Spojky s nekovovými pružinami

Spojovacím členem je jeden nebo více pružných článků z pryže nebo plastů. Tyto materiály mají omezené provozní teploty, zpravidla od  $-40$  do  $100^{\circ}\text{C}$ .

#### *Spojka s kruhovou vložkou*

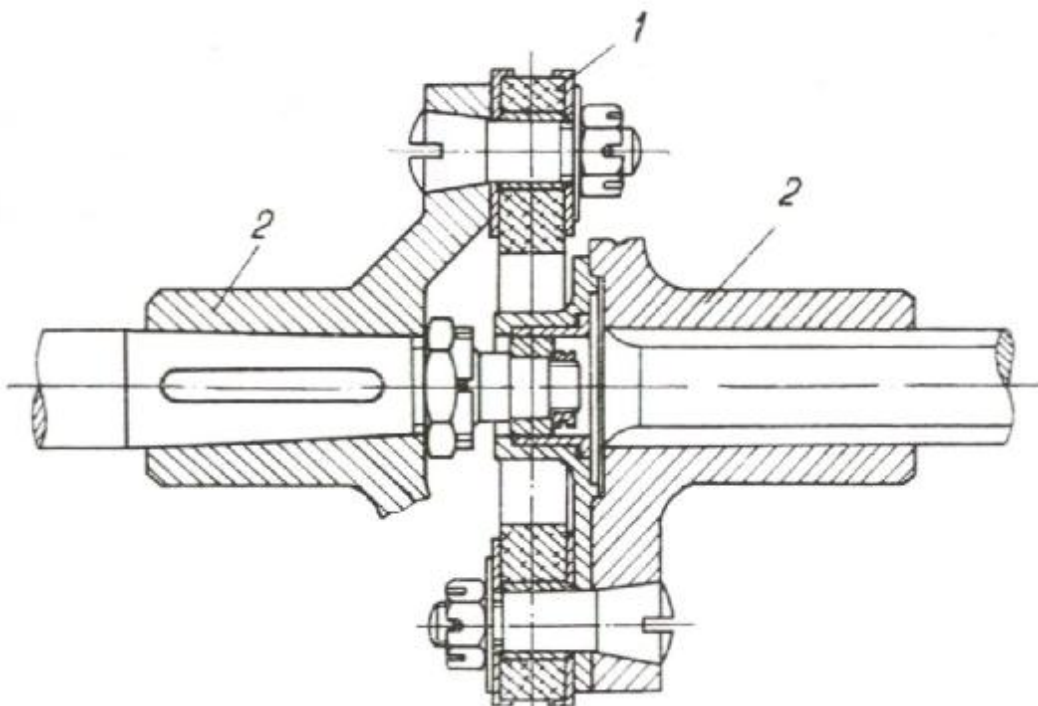
Spojka je tvořena dvěma stejnými spojkovými kotouči nasazenými na hřídeli a spojenými s nimi pery, které jsou vzájemně spojeny čepy. Tyto čepy procházejí otvory pružné mezidruhové desky.



Obr. 150 Spojka s kruhovou vložkou

### **Hardyho spojka**

Pružným článkem této spojky je mezidruhovú deska. Na koncích obou hřídelů jsou nasazeny dva stejné, nejčastěji tříramenné unášče, které jsou s pružným kotoučem spojeny čepy. Hardyho spojka vyrovnává osové posuny hřídelů do 5 mm.

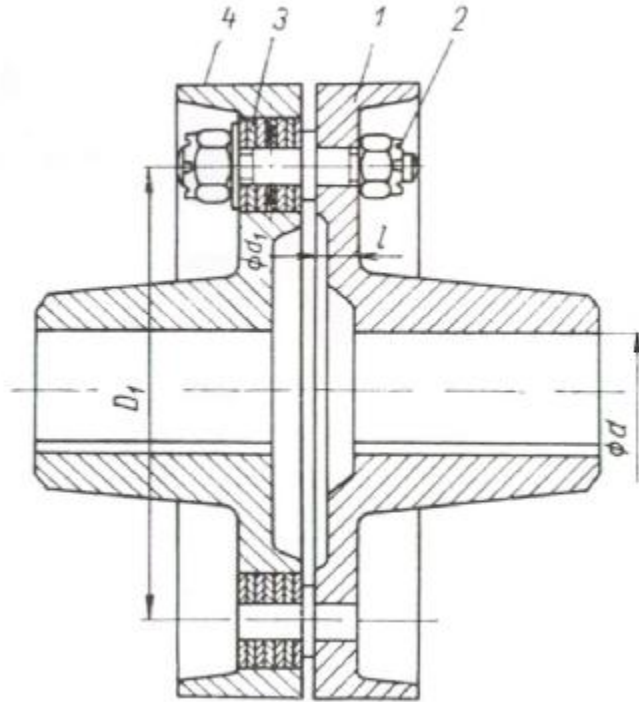


Obr. 151 Hardyho spojka



### ***Spojka čepová***

Tato spojka je odvozena od spojky kotoučové. Hnací kotouč má 4 – 8 obvodových čepů, které zasahují do pryžových vložek, uložených ve válcových otvorech hnaného kotouče. Její konstrukce je jednoduchá, je poddajná a má tichý chod. Pro tyto vlastnosti je jednou z nejpoužívanějších spojek pro přenos malých a středních krouticích momentů. Vzhledem k tomu, že spojka pracuje zpravidla při vysokých otáčkách, jsou kotouče celé opracovány. Pro nižší obvodové rychlosti bývají kotouče z šedé litiny, pro vyšší rychlosti z lité oceli.



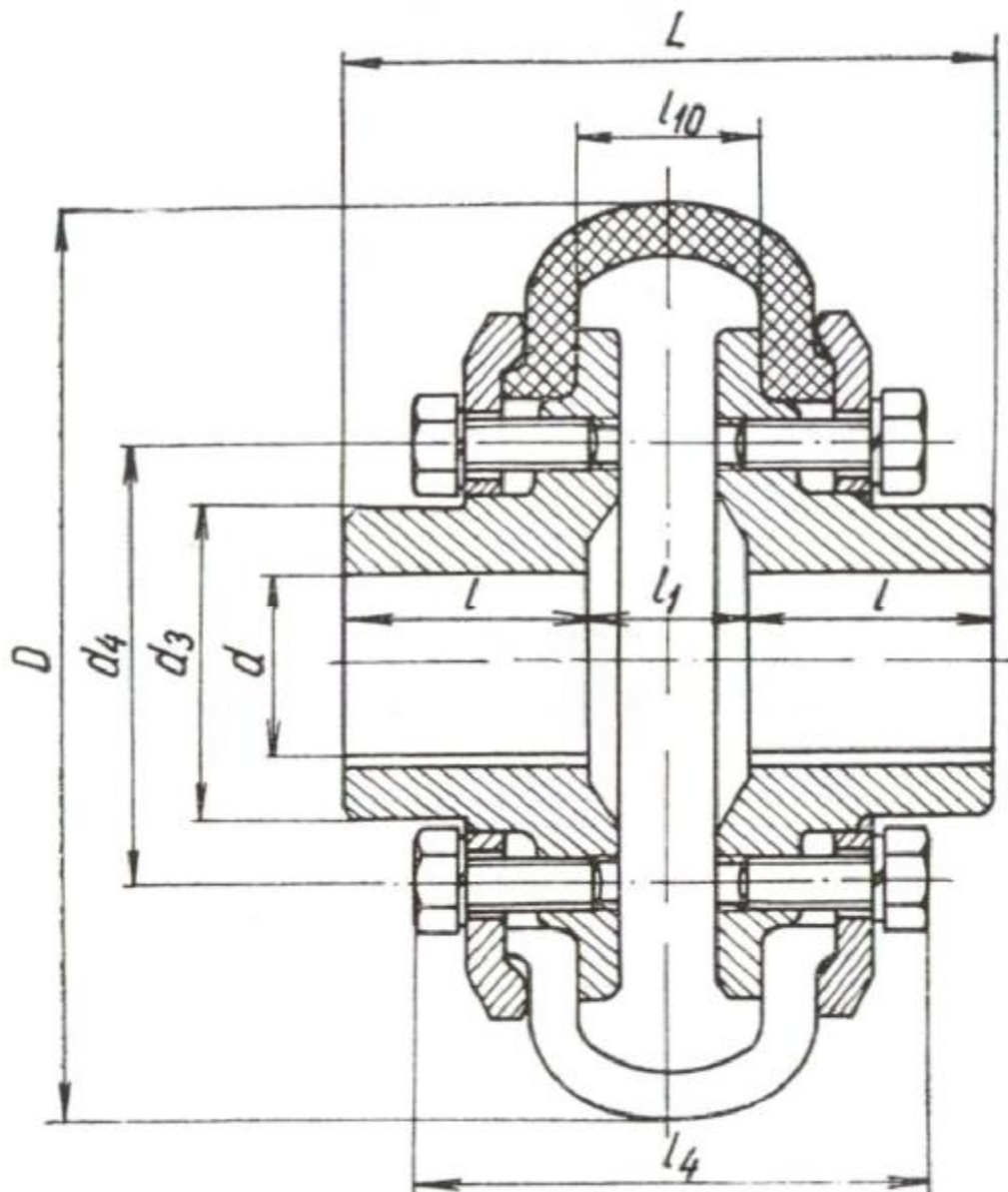
Obr. 152 Čepová spojka

### ***Spojka Periflex***

U této spojky tvoří pružný článek pryžová obruč s tkaninovou vložkou. Podle velikosti spojky a podle provozních podmínek je možná úhlová výchylka hřídelů až 4°, radiální vyosení až 4 mm a axiální posuv hřídelů až 8 mm. Tyto přípustné odchylky jsou vázány na počet otáček. Spojky Periflex jsou vyráběny jako spojky hřídelové nebo přírubové. Krouticí moment, který může spojka přenést, je dán pevností a tuhostí pryžové obruče. Volbou kvality pryže je možno v širokých rozmezech měnit pružnost těchto spojek.



Obr. 153 Spojka periflex



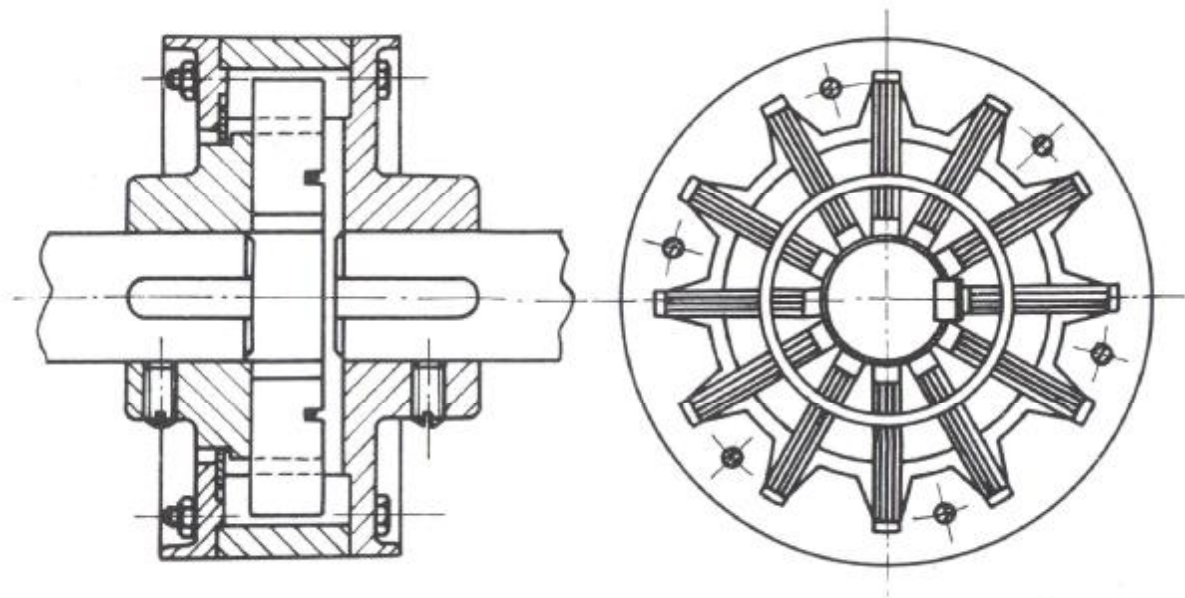
Obr. 154 Spojka periflex

### 8.2.2 Spojky s ocelovými pružinami

Mezi hnací a hnaný kotouč jsou vloženy šroubovitě nebo listové pružiny, ocelové jehly, pouzdra nebo membrána. Použití spojek s kovovými členy není omezeno provozní teplotou.

#### *Spojka s radiálními listovými pružinami*

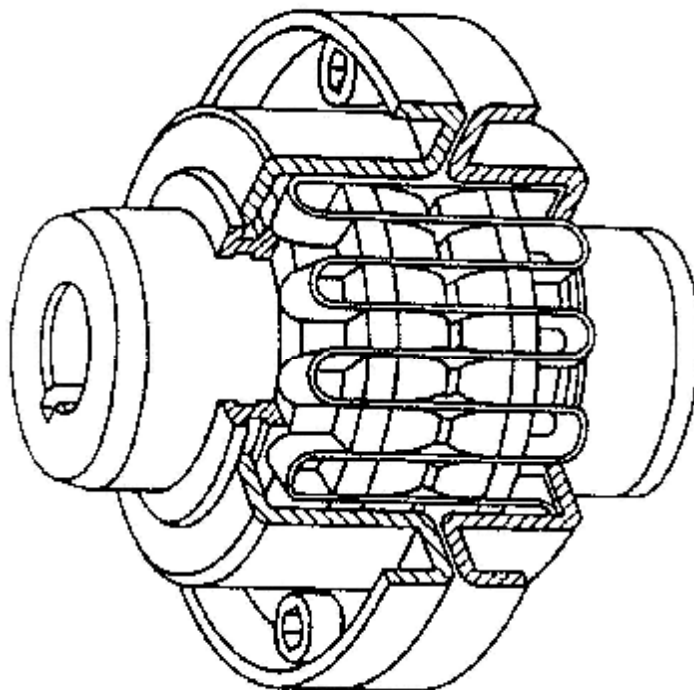
Spojka je provedena tak, že svazky pružin jsou zasazeny do radiálních vedení jednoho spojkového kotouče a jejich přečnívající konce zasahují do vybrání ve věnci druhého kotouče. Při přenosu krouticího momentu se listy ve svazcích vzájemně posouvají a třením mezi nimi dochází k útlumu energie torzních rázů a kmitů. Pro snížení opotřebení pružin je spojka mazána náplní maziva.



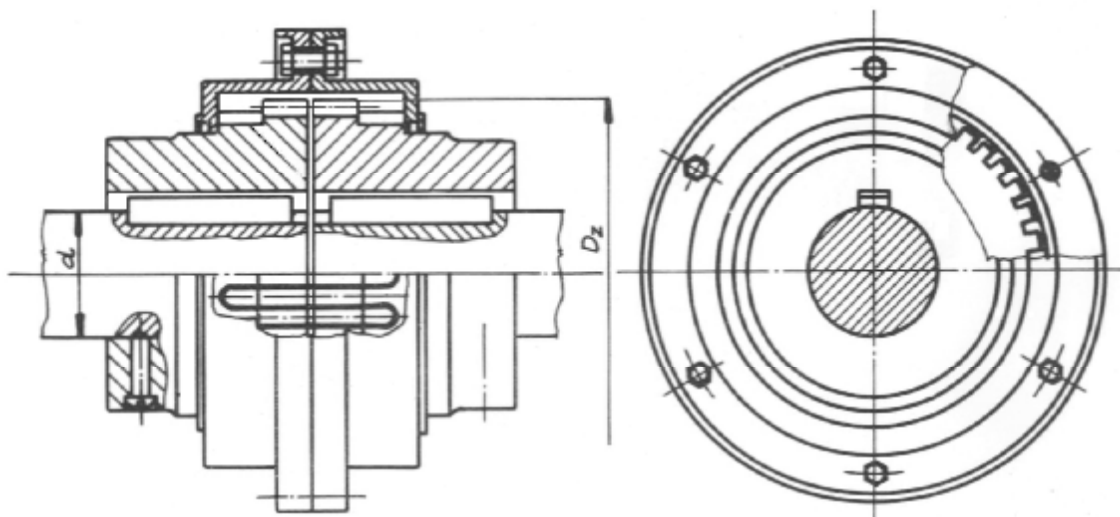
Obr. 155 Spojka s radiálními listovými pružinami

***Spojka Bibby***

Spojka je tvořena dvěma shodnými spojkovými kotouči, které mají na obvodě podélné drážkování. Do těchto drážek je vsunuta hadovitě vinutá ocelová pružina obdélníkového průřezu. Oba kotouče s pružinou obepíná dvoudílný rotační kryt.



Obr. 156 Bibbi spojka



Obr. 157 Bibbi spojka

### 8.3 Výsuvné spojky

Výsuvné spojky umožňují spojení nebo rozpojení hnacího a hnaného hřídele za klidu nebo za provozu. Rozdělují se na:

- zubové
- třecí

U zubových spojek se přenáší krouticí moment ozubením na čelní nebo válcové ploše. Zubové spojky se zapínají za klidu nebo při malém rozdílu otáček hnacího a hnaného hřídele. U třecích spojek se přenáší krouticí moment třecími silami, které vznikají mezi činnými plochami spojky. Třecími spojkami se dosahuje pozvolného a plynulého rozběhu při jakémkoliv rozdílu otáček hnacího a hnaného hřídele. Třecí spojka může být konstruována též jako pojistná, neboť má tu vlastnost, že při přetížení mohou třecí plochy prokluzovat.

Na výsuvné spojky se kladou tyto požadavky:

- ü rychlé a snadné zapnutí i vypnutí spojky
- ü spolehlivé spojení po zapnutí
- ü malé opotřebení a zahřívání spojky i při častém zapínání
- ü malé rozměry pro daný krouticí moment
- ü bezrázové zapínání

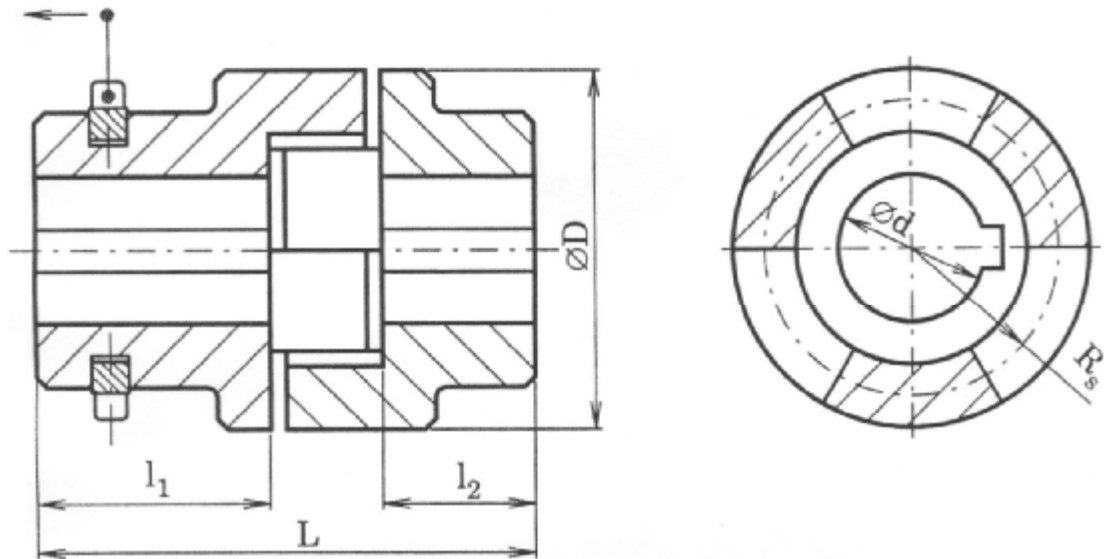
K zapínání a vypínání spojky slouží ovládací zařízení. Tato zařízení mohou být mechanická, pneumatická, elektrohydraulická a elektromagnetická. Spojení ovládacího zařízení s přesuvnou částí spojky je provedeno zpravidla pákou, výjimečně pákovým systémem spolu s přesouvacím kroužkem nebo kluznými kameny. Příkladem mechanického ovládní pomocí pákového mechanismu a lanka nebo táhla je lamelová třecí spojka osobního automobilu.

#### 8.3.1 Zubové spojky

Zubová spojka se skládá ze dvou základních částí, a to části pevné a posuvné. Obě poloviny mají buď na čelní nebo válcové ploše vhodné ozubení. Jsou velmi citlivé na přesazení os a úhlové výchylky, vyžadují dodržení sousostí spojovacích hřídelů. Pracují bez skluzu, takže zaručují při spojení stálý převodový poměr, mají malé rozměry, jejich výroba je poměrně jednoduchá a při vypnutí nemají žádný zbytkový moment. Nelze je však zapínat při větším rozdílu obvodových rychlostí hnací a hnané části, při zapínání za chodu vznikají rázy.

### ***Spojka čelní zubová***

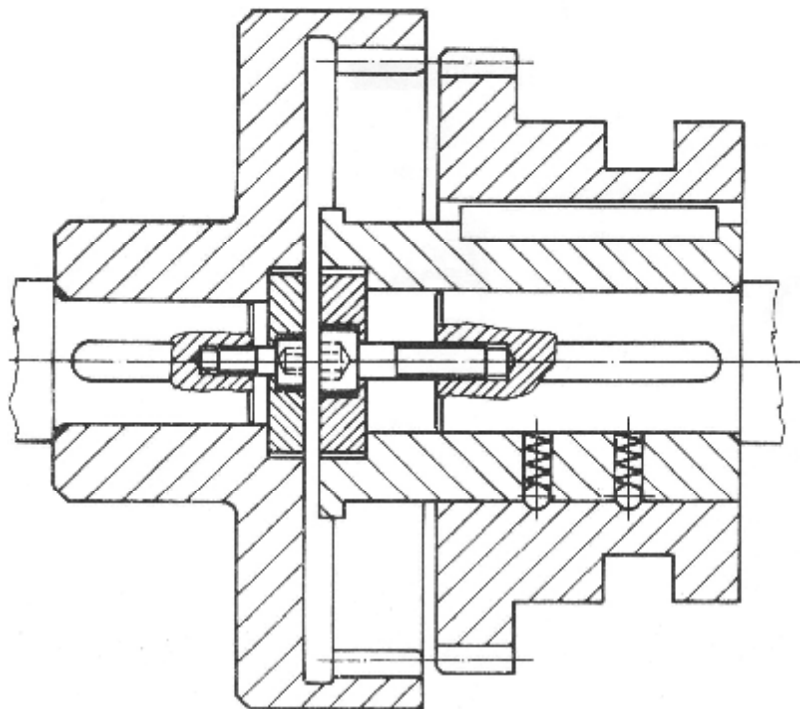
Běžná čelní zubová spojka se skládá z hnací a hnané části, které mají na čelních plochách vytvořeny zuby. Hnaná část má delší náboj s drážkou pro přesouvací kroužek nebo kluzné kameny. Spojku lze zapínat buď v klidu, nebo při velmi malém rozdílu obvodových rychlostí. Spojka se nejčastěji vyrábí z litiny, rozměry se volí podle průměru hřídele.



Obr. 158 Čelní zubová spojka

### ***Spojka zubová s evolventním ozubením***

Spojka s ozubením na válcové ploše – s ohledem na přesnou výrobu ozubení je vhodné ozubení s evolventním profilem. Skládá se z hnací části s vnitřním ozubením a z hnané poloviny s vnějším ozubením. Posuvná část je v pracovní a vypnuté poloze fixována kuličkovou pojistkou.



Obr. 159 Spojka zubová s evolventním ozubením

### 8.3.2 Třecí spojky

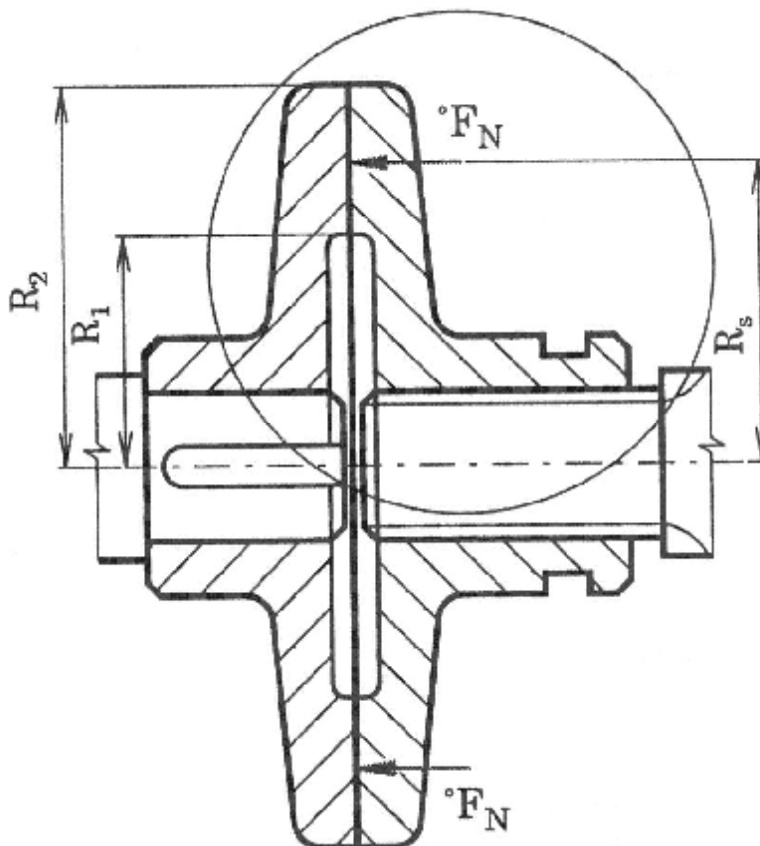
Třecí spojky umožňují spojení i odpojení hřídelů za provozu i při plném zatížení. Dociluje se jimi pozvolného a plynulého rozběhu hnaného stroje, umožňuje reverzaci chodu a mohou se využít i jako spojky pojistné. Jejich nevýhodou je opotřebení třecích ploch a zahřívání v důsledku třecí práce. Zapínání a vypínání třecích spojek má být rychlé, plynulé a tiché. Měrný tlak ve stykových plochách má být rozdělen rovnoměrně, má existovat možnost regulace přítláčné síly. Dalším požadavkem je malé opotřebení třecích ploch a možnost výměny třecích prvků. Konstrukce spojky má být uzavřená. Nejčastější je rozdělení třecích spojek podle tvaru třecích ploch na:

- spojky s třecími plochami čelními
- spojky s třecími plochami válcovými
- spojky s třecími plochami kuželovými

U všech typů třecích spojek se má dodržovat zásada, že se na hnanou stranu umísťuje polovina spojky s větším momentem setrvačnosti, aby při zapnutí motoru byly urychlovány co nejmenší hmoty.

#### *Třecí spojka s jednou třecí plochou*

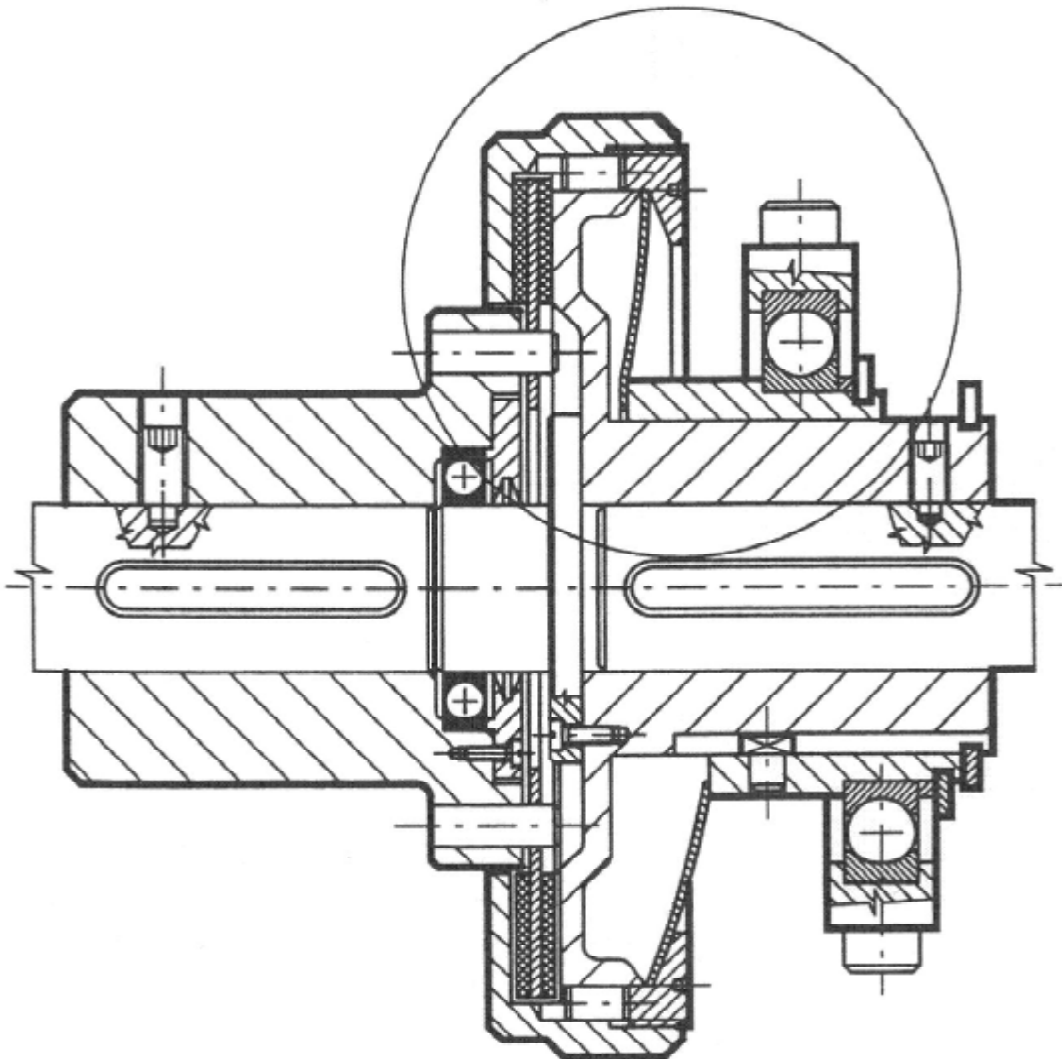
Tato spojka se skládá ze dvou kotoučů, které jsou k sobě přitlačovány silou  $F$ . Nevýhodou této spojky je velká přítláčná síla. Pro kovové třecí plochy při  $f = 0,1$  musí být přítláčná síla 10 x větší než síla obvodová. Poměry se poněkud zlepší zvětšením součinitele tření obložením z třecích materiálů. Přesto má spojka pro žádaný krouticí moment velké rozměry, značné axiální zatížení ložisek a robustní ovládací zařízení.



Obr. 160 Třecí spojka s jednou třecí plochou

### ***Třecí spojka disková***

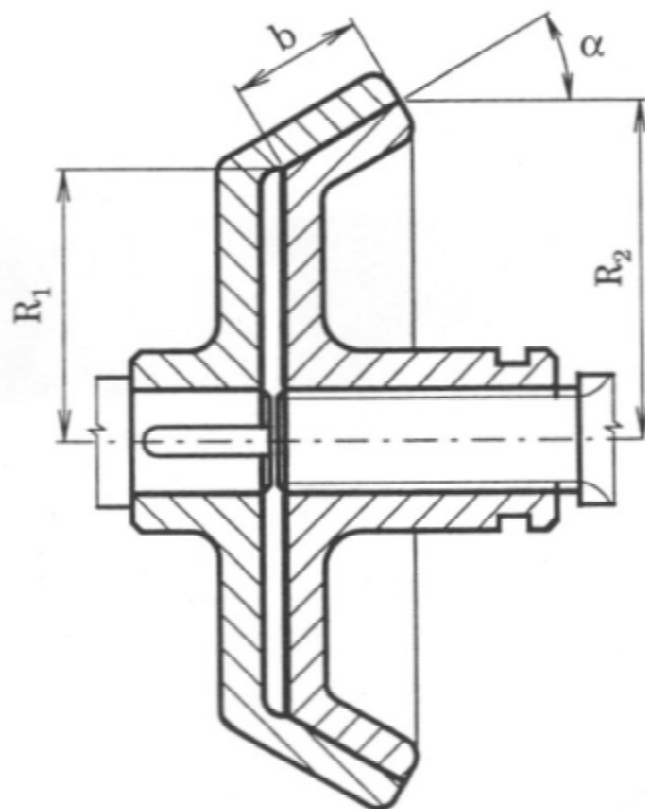
Používá se velmi často ve stavbě motorových vozidel.



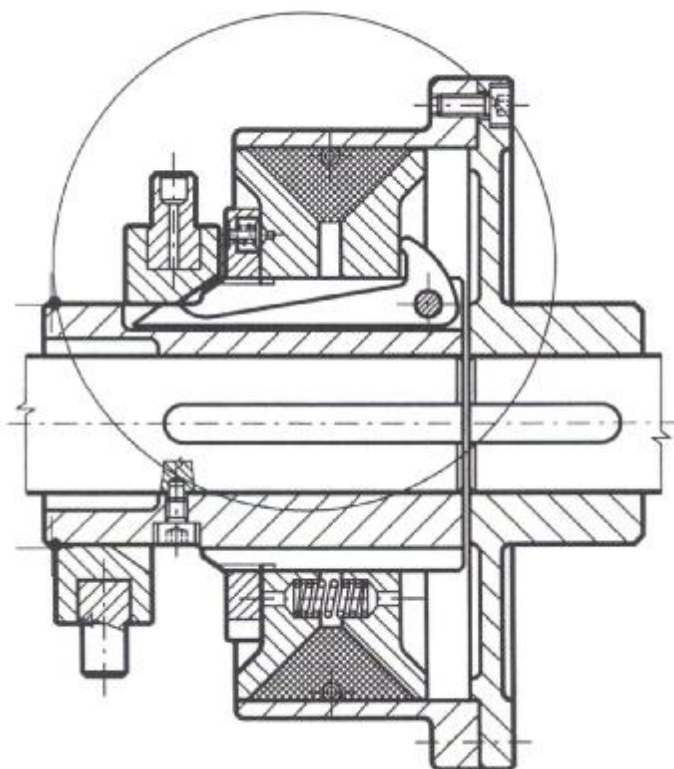
Obr. 161 Spojka třecí disková

### ***Třecí spojky kuželové***

Výhodou těchto spojek je, že vyžadují značně menší zasouvací síly. Nevýhodou jsou poměrně velké rozměry, nutnost statického a dynamického vyvážení, rázy při zapínání spojky a větší opotřebení třecích ploch.



Obr. 162 Třecí spojka kuželová jednoduchá



Obr. 163 Třecí spojka dvojkůžellová



## Další výsuvné spojky:

### *Výsuvné spojky s elektromagnetickým ovládním*

Výsuvné spojky s elektromagnetickým ovládním se vyrábějí jako spojky třecí a zubové. Pracují zpravidla tak, že při zapnutí proudu spojka přenáší krouticí moment, při přerušení proudu se spojka vypíná. Je však možné, aby pracovaly i na opačném principu. Přítlačná síla je pak vyvozována tlakem pružiny. Je však nebezpečí, že při případném přerušení proudu nebude možno přerušit přenos krouticího momentu, což by u některých zařízení mohlo vést k poruše. Z toho hlediska je třeba volit vhodný princip.

- *Kotoučová spojka elektromagnetická*  
Je – li spojka ve vypnuté poloze, je mezi třecím a hnaným kotoučem vzduchová mezera. Při zapnutí proudu se vytvoří kolem cívky magnetické pole, jehož tažná síla způsobí přitažení hnaného kotouče ke kotouči třecímu a tím k přenosu krouticího momentu. Při vypnutí se magnetické pole rozpadne a hnaný kotouč je posunut odtlačovanými pružinami zpět do počáteční polohy.
- *Lamelové elektromagnetické spojky*  
Lamelové elektromagnetické spojky pracují na stejném principu jako spojky kotoučové. Rozdíl je v tom, se u kotoučové spojky se krouticí moment přenáší jednou nebo dvěma třecími plochami, u lamelové spojky je třecích ploch více. Spojka přenáší krouticí moment třením na plochách vnitřních a vnějších lamel, které jsou sevřeny elektromagnetem.
- *Elektromagnetické ozubené spojky*  
Elektromagnetické ozubené výsuvné spojky mají téměř všechny výhody elektromagnetických třecích spojek. Spojení hnací a hnané části se uskutečňuje záběrem čelního ozubení obou částí.  
Rozměry spojek jsou velmi malé.  
Spojky nepřenášejí ve vypnutém stavu žádný ztrátový moment.  
Spojky je možno zasouvat jen v klidu nebo při synchronních otáčkách obou částí, výjimečně při velmi malých relativních otáčkách.  
Nepřipouštějí prakticky žádnou nesouosost.

### *Spojky s hydraulickým ovládním*

- *Hydraulické lamelové spojky*  
Hydraulické lamelové spojky se používají pro převodovky a pro hydraulicky ovládané stroje. V těchto uzavřených celcích není nebezpečí znečištění okolí při netěsnosti spojky, tlakovou kapalinu lze použít i k mazání a chlazení lamel, čímž se zvýší zatížitelnost spojky. Jejich velmi dobrou vlastností je to, že není nutno seřizovat. Používají se pro stroje, které musí být bezpodmínečně spolehlivé a musí mít klidný pohon bez rázů.
- *Hydraulické ozubené spojky*  
Hlavní předností této spojky je to, že s ohledem na využití možností hydraulického ovládní spojky, je možno konstruovat hydraulické spojky tak, že pro daný krouticí moment vychází spojka rozměrově nejmenší ze všech typů výsuvných spojek dálkově ovládaných. Tyto spojky se používají v těžkém strojírenství, kde zmenšení rozměrů

spojky znamená výrazné snížení váhy pohonů. Spojka se používá např. pro pohon válcovací tratě, přičemž je trať uváděna do chodu za běhu motoru.

### ***Spojky s pneumatickým ovládním***

- ***Vzduchové lamelové spojky***

Vzduchové lamelové spojky přenášejí krouticí moment stejným způsobem jako hydraulické. Konstrukčně se liší těsněním pístu. U hydraulických spojek se pro těsnění používají kovové těsnicí kroužky, u vzduchových spojek se používají kroužky pryžové. Předností vzduchových spojek je jejich rychlá činnost. Jsou velmi spolehlivé i při častém zapínání. Konstrukčně lze tyto spojky rozdělit na:

- zapínané pružinami a vypínané vzduchem
- zapínané vzduchem a vypínané pružinami

- ***Vzduchové ozubené spojky***

Vzduchové a hydraulické zubové spojky jsou si konstrukčně podobné, rozdíl je ve způsobu těsnění. Podle druhu ozubení jsou pneumatické spojky s ozubením čelním a s ozubením obvodovým, nejčastěji evolventním. Používají se u většiny obráběcích strojů.

## **8.4 Elektromagnetické spojky**

### ***Elektromagnetické indukční spojky***

Indukční spojky se způsobem přenosu krouticího momentu zcela liší od elektromagneticky ovládaných mechanických spojek. Indukční spojka se skládá ze dvou soustředných rotačních částí, z nichž jedna je upevněna na hnacím, druhá na hnaném hřídeli. V jedné části, kterou nazýváme magnetovým kolem, je umístěno budicí vinutí, druhou část nazýváme kotvou. Stejnoseměrný budicí proud se přivádí prostřednictvím kroužků. Zapnutím budicího proudu vznikne magnetické pole, které při rozdílných otáčkách obou kol indukuje v kotvě elektrický proud. Tím vzniká otáčivý moment, jehož velikost je úměrná rozdílu otáček obou částí a velikosti magnetického pole.

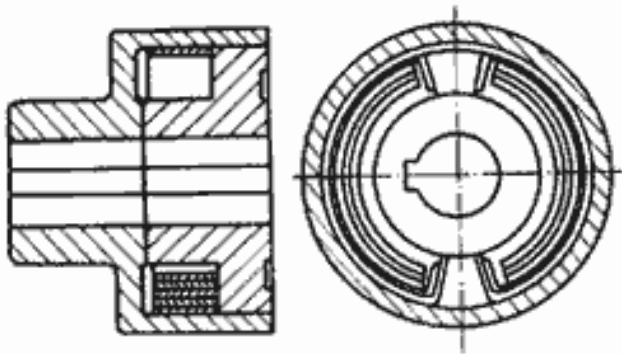
### ***Elektromagnetické práškové spojky***

U elektromagnetických práškových spojek je prostor mezi hnanou a hnací částí spojky vyplněn feromagnetickým práškem. Ten se při svém zmagnetizování orientuje ve směru magnetických silokřivek a umožní tak spojení obou částí spojky a přenos krouticího momentu. Velikost momentu je závislá na intenzitě magnetického pole a na množství a druhu feromagnetického prášku.

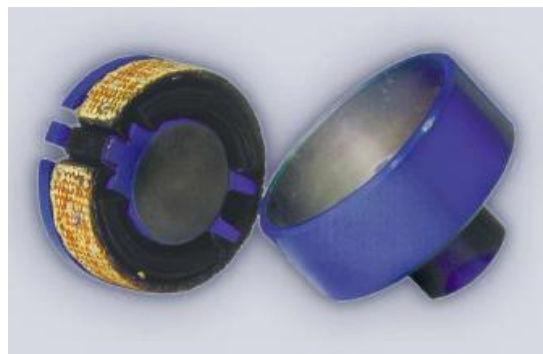
## **8.5 Spojky zvláštní**

### **8.5.1 Spojky rozběhové**

Rozběhové spojky jsou spojky s automatickým zapínáním. Pracují na principu zapínání odstředivou silou. Umožňují nezatížený rozběh těchto hnacích strojů, jejichž krouticí moment se mění v závislosti na otáčkách. Rozběhová spojka má umožnit rozběh těchto strojů do určitých otáček bez zatížení. Kdyby se hnací stroj spojil se strojem hnaným již při nízkých otáčkách, nebo při nulových otáčkách, musel by být dimenzován na rozběhový moment a při provozních otáčkách by pracoval nevyužit.



Obr. 164 Volnoběžná spojka v řezu



Obr. 165 Volnoběžná rozběhová spojka

### ***Spojky se záběrem neřízeným***

Jsou to spojky, u nichž se unáší třecí kotouč spojený s hnanou částí ihned po rozběhu hnací části.

### ***Spojky se záběrem řízeným pružinami***

Jsou to spojky, u kterých je dosažení rozběhu hnané strany tím, že jsou odstředivé třecí hmoty navzájem spojeny předepjatými pružinami. Při rozběhu začnou třecí elementy působit na třecí kotouč tělesa tehdy, až jejich odstředivá síla přemůže odpor pružiny.

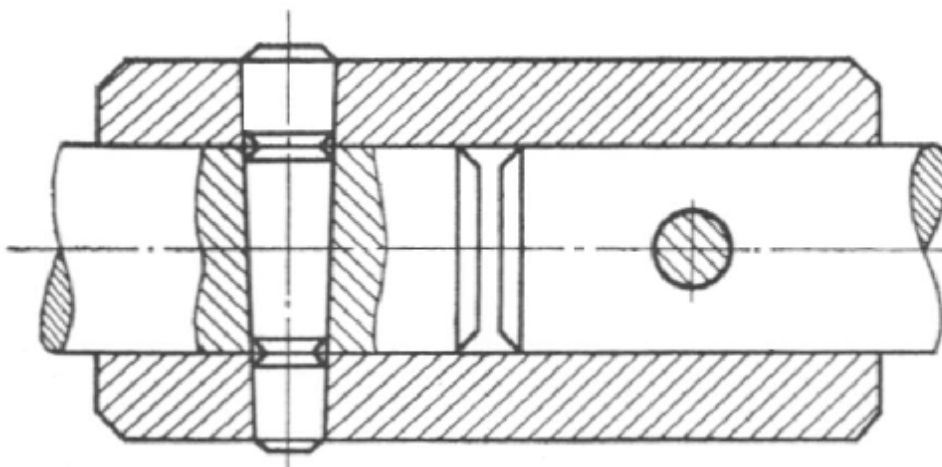
### ***Spojky se záběrem zpožděným***

## **8.5.2 Spojky pojistné**

Při práci některých strojů může občas nastat přetížení, které by mohlo mít za následek porušení nebo nežádoucí deformaci některých jeho částí. Aby se tomu zabránilo, zařazují se do pohonu těchto strojů pojistné spojky, které se při vzrůstu krouticího momentu nad přípustnou mez vypínají, nebo prokluzují.

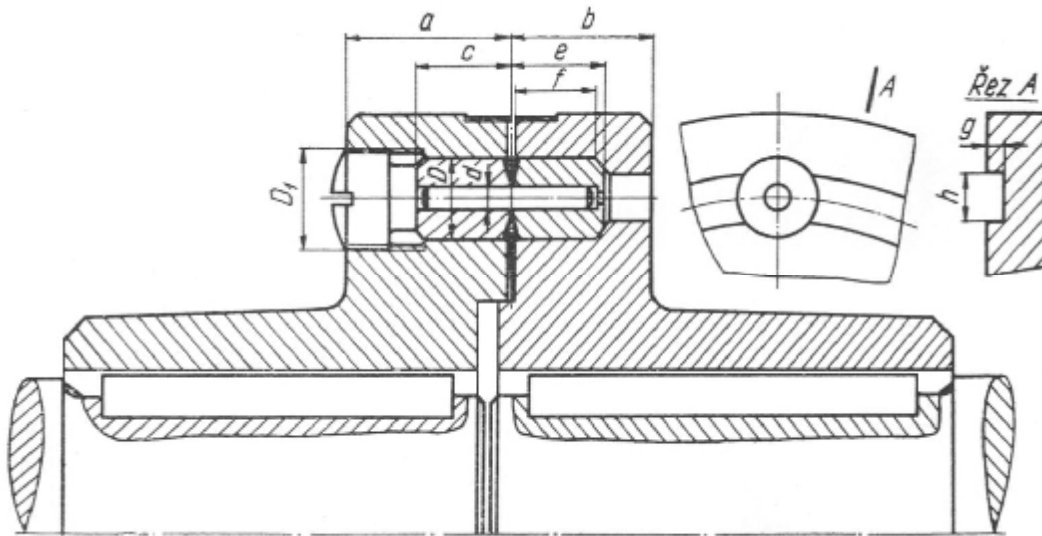
### ***Spojky se střížnými kolíky***

Celá obvodová síla se přenáší jedním nebo několika střížnými kolíky, které jsou uloženy v hnací a hnané polovině spojky, nejčastěji v kalených ocelových pouzdrech. Spojky bývají s radiálním nebo axiálním kolíkem. Střížné kolíky bývají nejčastěji ocelové, mohou být i litinové, měděné, mosazné nebo z plastických hmot.



Obr. 166 Pojistná spojka se radiálním střížným kolíkem

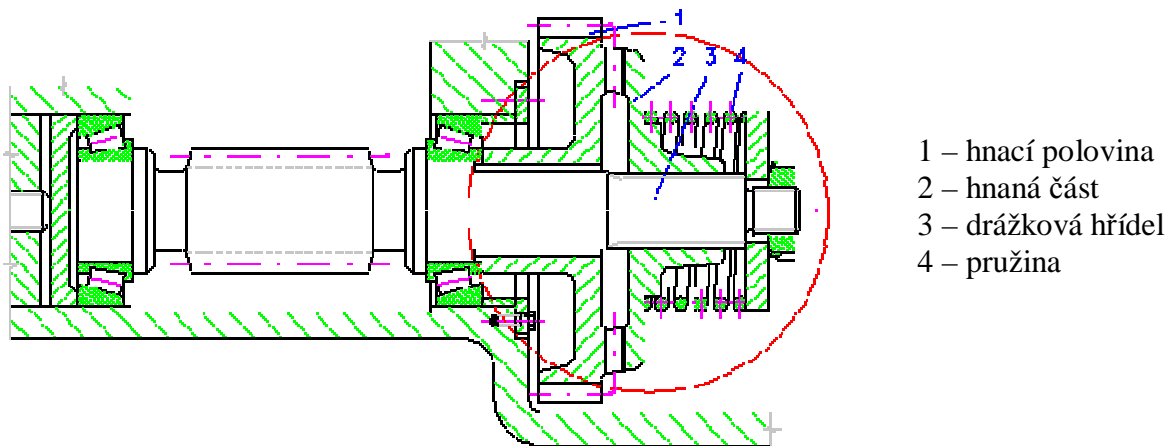
Při přetížení se kolík přestřihne a musí být nahrazen novým. Aby byly časové ztráty při výměně co nejmenší, musí být k pojistné spojce snadný přístup a připraveny náhradní kolíky.



Obr. 167 Pojistná spojka s axiálním střížným kolíkem

### **Pojistné spojky zubové**

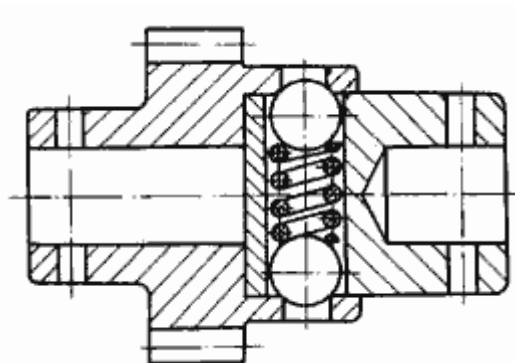
Předepjatá pružina zatlačuje hnanou část do vhodně vytvarovaných vybrání, z nichž jsou při dosažení stanoveného točivého momentu vytlačeny (vysmeknuty). Vzájemným pootočením (protočením) obou částí spojky se prvky postupně posouvají k dalším vybráním na obvodu, takže spojka může po poklesu točivého momentu znovu sepnout (u některých typů spojek jen za klidu).



Obr. 168 Pojistná spojka zubová

### **Pojistné spojky kuličkové**

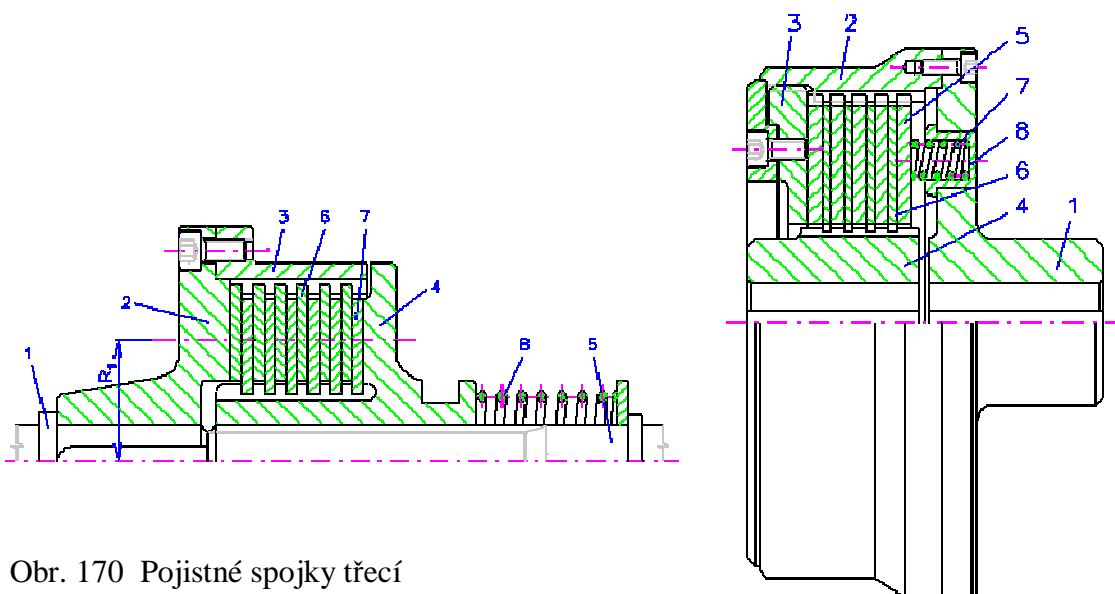
Pro přenos malých točivých momentů vyhovuje pojistná kuličková spojka, jejíž kuličky se při přetížení vysunou ze záběru.



Obr. 169 Pojistná spojka kuličková

### **Pojistné spojky třecí**

Pojistné třecí spojky se zapínají za klidu. Přítlačnou sílu zde vyvozují zpravidla tlačné pružiny, jejichž předpětí je možno regulovat a tak měnit pojišťovaný krouticí moment. Spojka při dosazení stanoveného točivého momentu proklouzne. Spojka opět po poklesu točivého momentu (nejlépe z klidu) sepíná spojované části. Nevýhodou pojistných třecích spojek je vznik velkého množství tepla při prokluzování. Při příliš dlouhé době prokluzování se nestačí odvést všechno teplo do okolí a spojka by se mohla zničit. Proto mají někdy tyto spojky tavné pojistky, které se při překročení přípustné teploty roztaví a uvolní tlak pružin. Životnost pojistných spojek se podstatně prodlouží, jestli-že se spojka spojí s vypínacím zařízením, které vypne při prokluzování pohon.



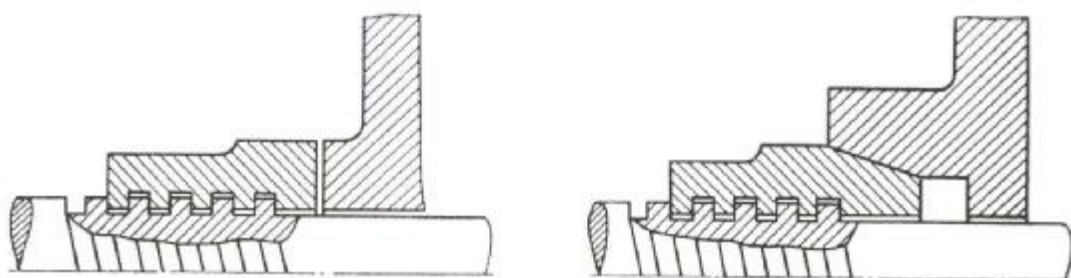
Obr. 170 Pojistné spojky třecí

### **8.5.3 Spojky volnoběžné**

Volnoběžné spojky spojují hnací a hnaný hřídel pouze při otáčení v jednom smyslu. Přeruší-li se hnací moment a hnaná část začne předbíhat, spojka se samočinně rozpojí.

#### **Volnoběžné axiální spojky**

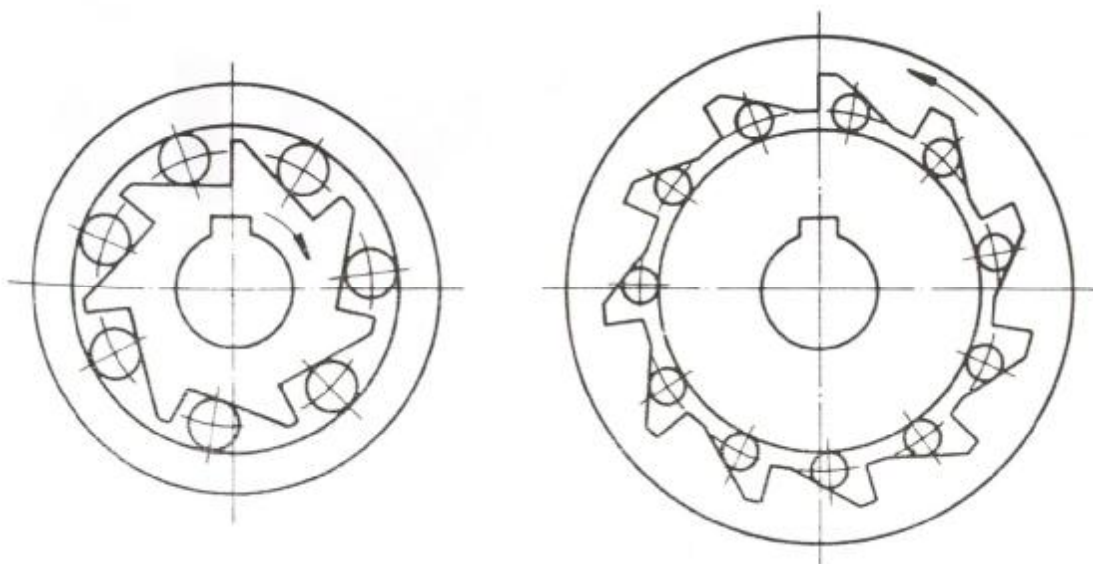
Hodí se pro přenos nízkých krouticích momentů. Hnacím elementem je šroub s pohybovým závitem a matice s čelní nebo kuželovou třecí plochou. Při otáčení šroubu v jednom smyslu dojde k posunu matice ke hnané části a ke styku obou částí na třecích plochách. Při otáčení v opačném smyslu dojde k rozpojení spojky.



Obr. 171 Volnoběžná axiální spojka (s čelní a kuželovou plochou)

### ***Volnoběžné radiální spojky***

Používají se více než axiální. Konstruují se pro přenos malých i větších krouticích momentů. Hnací část může být vnitřní nebo vnější. Při otáčení hnací části v naznačeném směru se zaklíňují válečky mezi vybrání vnitřní části a válcovou plochu části vnější, takže spojení je bez skluzu. Předbíhá-li hnaná část spojky část hnací, spojení se automaticky přeruší.



Obr. 172 Volnoběžné radiální spojky

## 9. Použitá literatura:

- [1] J. Havlík, T. Szlachta: *Základy strojnictví*, skriptum VŠB – TU Ostrava 1996
- [2] Z. Dejl, *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů*, MONTANEX a.s. 2000, ISBN 80-7225-018-3
- [3] A. Bolek, V. Krejčí a kol., *Hřídelové spojky*, SNTL Praha 1967
- [4] F. Drastík a kolektiv, *Strojnická příručka: vývoj, výpočty, konstrukce, technologie, výroba. [Svazek 1]*, Praha: Dashöfer, c2002-2009, ISBN 80-86229-65-3
- [5] F. Drastík a kolektiv, *Strojnická příručka: vývoj, výpočty, konstrukce, technologie, výroba. [Svazek 2]*, Praha: Dashöfer, c2002-2009, ISBN 80-86229-65-3
- [6] F. Drastík a kolektiv, *Strojnická příručka: vývoj, výpočty, konstrukce, technologie, výroba. [Svazek 3]*, Praha: Dashöfer, c2002-2009, ISBN 80-86229-65-3
- [7] S. Hosnedl, J. Krátký, *Příručka strojního inženýra, obecné strojní části 1*, Brno: Computer Press, 1999, ISBN 80-7226-055-3
- [8] S. Hosnedl, J. Krátký, *Příručka strojního inženýra, obecné strojní části 2*, Praha: Computer Press, 2000, ISBN 80-7226-202-5
- [9] R. Kříž, P. Vávra, *Strojírenská příručka, 3. svazek*, Praha: SCIENTIA, 1993, ISBN 80-85827-23-9
- [10] R. Kříž, P. Vávra, *Strojírenská příručka, 4. svazek*, Praha: SCIENTIA, 1994, ISBN 80-85827-58-1