

# ČÁSTI STROJŮ A MECHANIZMY

---

Studijní obor: Dopravní prostředky

Ing. Jan Jindra

1.8.2011

# Části strojů

**Stroj:** technické zařízení vyrobené člověkem, sloužící k náhradě lidské práce, k usnadnění, zvýšení její kvality nebo bezpečnosti.

**Součást:** nejmenší dále nedělitelná část stroje. Mají geometrické znaky, které plní určité funkce nebo přenášejí silová zatížení na jinou součást. Některé součásti mají specifický tvar, jsou požitý v jednom konkrétním stroji (jednouúčelové). Jiné součástky jsou použity na mnoha místech stroje nebo v jiných strojích i od jiných výrobců. Tyto součástky je vhodné normalizovat buď na úrovni podniku a nebo mezinárodně. Jejich výrobu zajišťují specializovaní výrobci.

**Skupiny:** jsou funkční celky, které je z organizačních důvodů, nebo z důvodů jiného použití, vhodné vyrábět samostatně a montovat je do stroje jako jeden díl.

## Význam a používání norem:

Norma = zákon

Druhy norem:

- předmětové = výrobků: udávají tvar, velikost a provedení materiálů, strojů a přístrojů
- předpisové = činností: stanovují způsob a postup práce při konstrukci, výrobě, zkoušení, balení atd.
- všeobecné = vymezují technické pojmy, názvosloví, veličiny, jednotky, ...
- vyvolená čísla a normální rozměry.

Normy zajišťují kompatibilitu lidských činností a produktů v podnikové, oborové a mezinárodní spolupráci.

## Spoje a spojovací součásti:

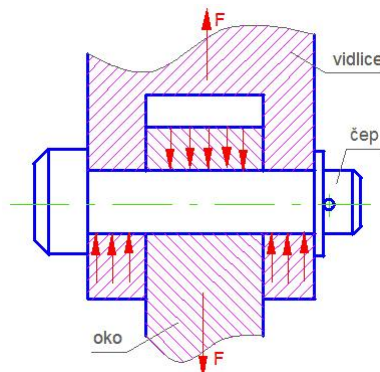
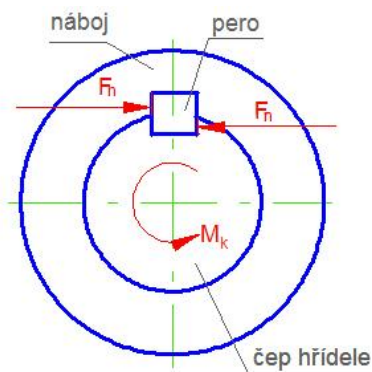
Spoj = spojení dvou nebo více součástí v jeden celek zajišťující celkový tvar nebo přenášení silových zatížení mezi jednotlivými součástmi.

- a) S tvarovým stykem
- b) Se silovým stykem
- c) S materiálovým stykem

- a) Rozebíratelné opakovaně nebo alespoň jednou bez poškození ostatních součástí spoje
- b) Nerozebíratelné

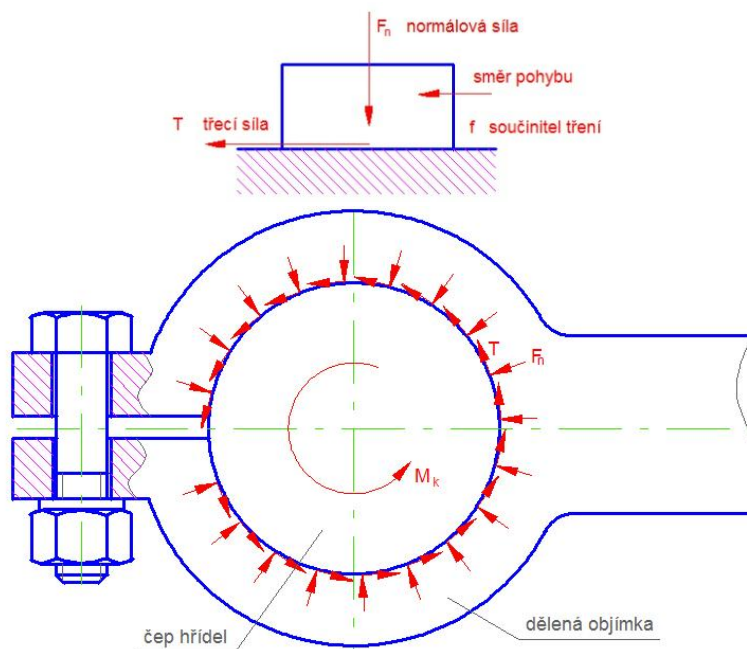
## Spoje s tvarovým stykem:

Při spojení tvarovým stykem se silová zatížení z jedné součásti na druhou přenáší pouze normálovými silami (síly působí kolmo na stykovou plochu).



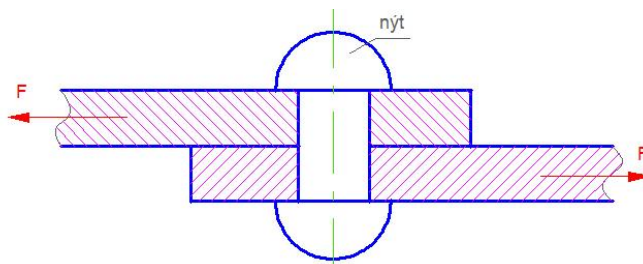
## Spoje se silovým stykem

Při spojení silovým stykem se silová zatížení z jedné součásti na druhou přenáší pouze třením = třecí silou, která působí ve směru stykové plochy. Třecí síla může vzniknout pouze při existenci normálové síly!



## Kombinovaný spoj

Kombinují způsoby přenosu síly normálovou i třecí silou – jejich výpočet je neurčitý a proto se u nich předpokládá pouze jeden typ styku! Jako příklad – nýtový spoj.



## Spoje s materiálovým stykem

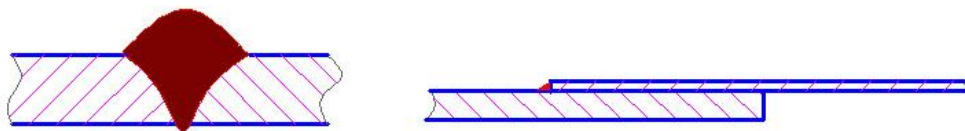
Spojení je uskutečněno pomocí přidaného materiálu.

- Materiál stejného typu = svarový spoj
- Materiál jiného typu = pájené a lepené spoje

Svarový spoj je uskutečněn natavením povrchu obou spojovaných součástí s eventuelním přidáním svarového kovu se stejnou pevností jako je základní materiál.

Pájený spoj používá přidaný kov s nižší teplotou tání než je základní materiál součástí. Tzv. pájka je většinou slitina, která je schopna difuze do povrchu pájených součástí. Dělíme je na měkké pájky s teplotou tání do 400°C (Pb+Sn) a tvrdé pájky nad 400°C (Ag, slitiny zinku = mosaz). Dokonale čistý povrch součástí zajišťuje látka které se říká tavidlo.

Lepený spoj používá přídavný materiál jiného typu než jsou kovy. Jejich pevnost je stejně jako při pájení výrazně nižší než je u základního materiálu. Proto se stejně jako u pájení používá výrazně větší styková plocha součástí než je u svarových spojů. Lepidla pracují na různých principech vytvrzení (vyschnutí, polymerizace,...)



### Šroubové spoje:

Šrouby jsou nejčastější strojní součásti. Neexistuje stroj, ve kterém by se nevyskytovaly. Hlavním tvarovým prvkem šroubu je závit.

Použití šroubů:

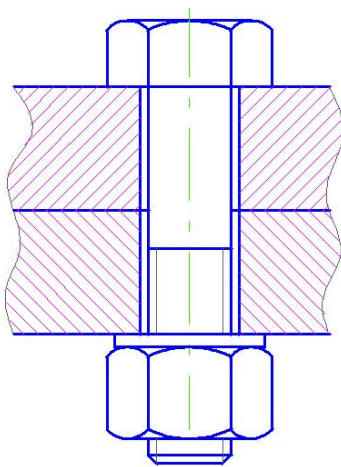
- 1) Upevňovací rozebíratelná spojení pomocí šroubů a matic
- 2) Napínací šrouby lan a stavěcí šrouby táhel
- 3) Uzavírací šrouby – zátky
- 4) Silové šrouby – lisy a zvedáky
- 5) Vodící – tažné šrouby – obráběcí stroje
- 6) atd.

Šroubové spoje pomocí šroubů a matic:

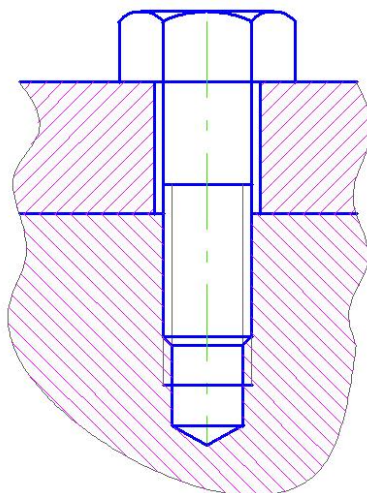
Šrouby a matice se vyrábějí třískovým obráběním nebo objemovým tvářením za studena nebo za tepla ve šroubárnách. Speciální (nenormalizované) šrouby si podniky vyrábějí sami.

Upevňovací šroubová spojení používají tři základní provedení:

1. šroub s hlavou a maticí

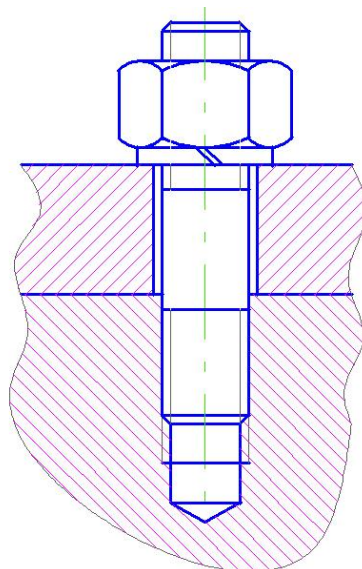


2. šroub s hlavou v díře se závitem





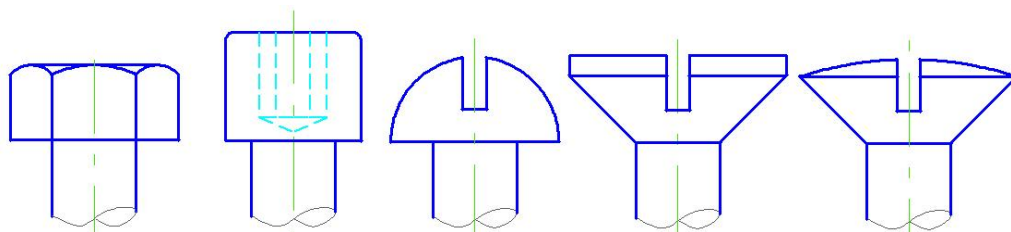
### 3. závrtný šroub s maticí



Druhy spojovacích šroubů:

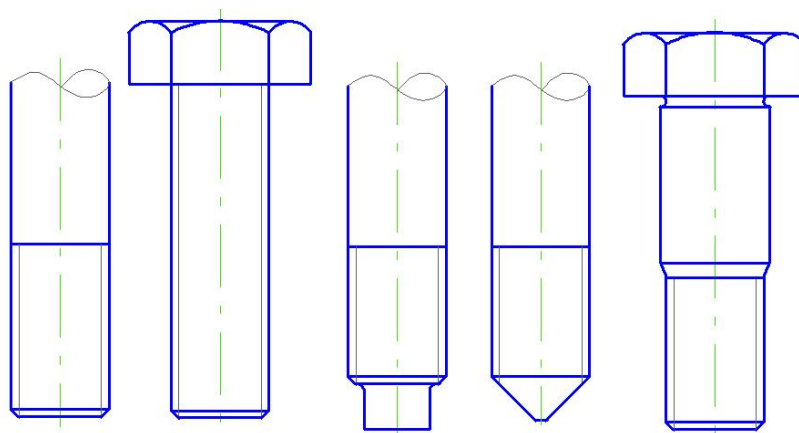
a) podle hlavy

- s šestihrannou hlavou
- s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem
- s válcovou hlavou pro plochý nebo křížový šroubovák
- s půlkulatou hlavou - // -
- se zápusťnou hlavou - // -
- s čočkovou hlavou - // -



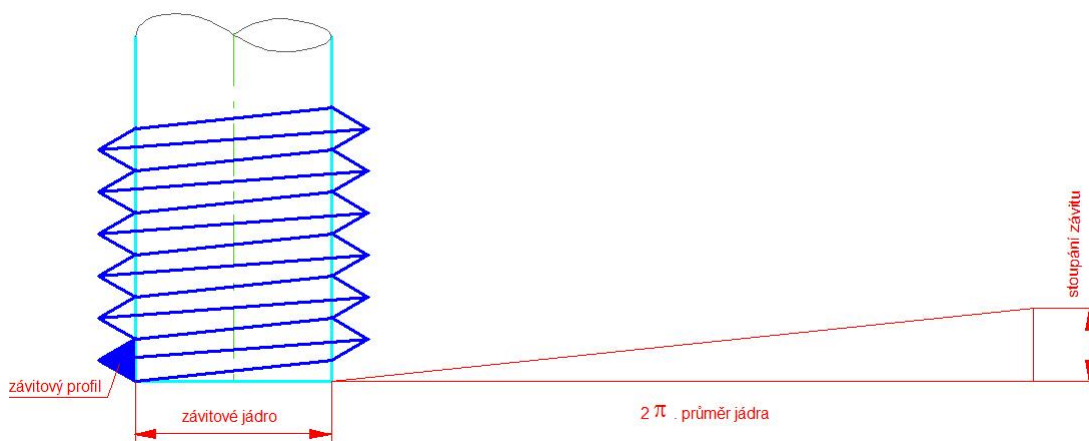
b) podle dříku

- s krátkým závitem – běžné šrouby
- s dořezaným závitem
- s válcovou špičkou – odtlačovací a stavěcí šrouby
- s kuželovou špičkou – zajišťovací šrouby
- s broušeným dříkem – lícované šrouby



## Princip závitů:

Závit = závitový profil navinutý na závitovém jádru do tvaru šroubovice.



Díky malému sklonu běžných závitů které jsou jednochodé (mají jen jednu šroubovici) jsou tyto závity tzv. samosvorné = šrouby se sami nepovolí. Některé pohybové šrouby s vícechodými závity bývají nesamosvorné.

Typy závitů: podle použití

- spoje
- šrouby a matice (metrický a Whitworth)
- trubkové spoje (ostrý trubkový a oblý závit)
- pohybové
- čtvercový, obdélníkový (trapézový) a dělový



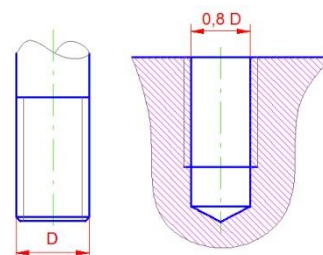
## Metrický závit:

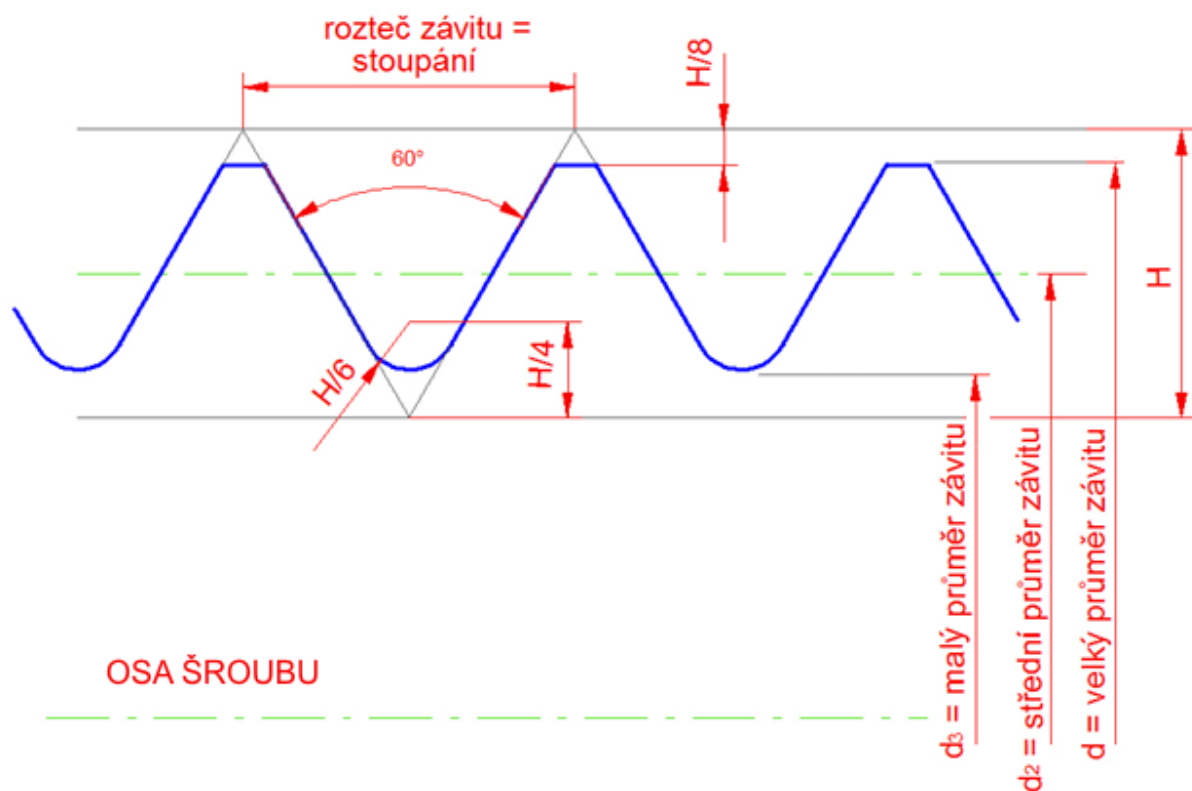
Označení „M“

př. M16 = hrubý závit o velkém průměru 16mm, M 14x1,25 = jemný závit o velkém průměru 14mm a stoupání 1,25mm, M25LH = hrubý levý závit o velkém průměru 24mm.

Je charakteristický vrcholovým úhlem 60° a svými rozměry průměru a stoupání v milimetrech. Hloubka „hrubého“ závitu je přibližně 1/10 velké průměru. Proto otvor pro vnitřní závit je s dostatečnou přesností 0,8 velké průměru závitu.

Např. otvor pro M10 je 8mm, pro M8 je 6,4mm a M12 je 9,6 mm.





### Whitworthův závit

Označení „W“

Př. W1“, W3/8“, W1/4“

Je charakteristický tím, že jeho velký průměr je udán ve zlomcích palců (1“=25,4mm).

1“, 1/2“, 1/4“, 1/8“, 1/16“, 1/32“, 1/64“, 1/128“, ... a jejich násobky např. 3/16“ = 3.25, 4/16 = 9, 25mm.

Stoupání je dáno počtem závitů (běhů) na 1 palec. Objevují se rozdíly mezi originál anglickými Whitworth závitů americkými!

Ve srovnání s metrickým závitem působí ostřejším a hrubším dojmem – má menší jádro (malý průměr) závitu než metrický.

Má vrcholový úhel má 55° a zaoblený jak dolní tak horní část profilu.



Šrouby s těmito závitů se často nacházejí nejen ve výrobcích pocházejících z Velké Británie ale i z USA a Japonska. Jsou běžně nedostupné jen ve specializovaných prodejnách s náhradními díly (to se projeví i v jejich ceně!)

### Unifikovaný jemný závit

Označení „UNF“, používaný pro nářadí. Vrcholový úhlem má 60° a rozměry má v palcích.

## Trubkový závit

Označení G

Př. G 1/2", G 3/8", G 2"

Jeho označení nevyjadřuje velký průměr (vnější průměr trubky) ale její vnitřní průměr (světlost)!!!

Profil je shodný s Whitworthovým závitem.

Stoupání závitu je opět dáno počtem běhů na 1". S rostoucím průměrem trubky však neroste plynule ale běžně se používají jen 4 typy. Důvodem je, že s průměrem neroste tloušťka stěny trubek.

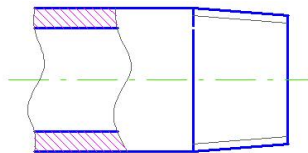
G 1/16" – G 1/8"      28 běhů / 1"

G 1/4" – G 3/8"      19 běhů / 1"

G 1/2" – G 3/4"      14 běhů / 1"

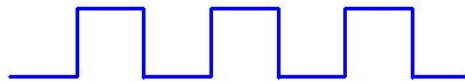
G 1" – G 6"      11 běhů / 1"

Pro těsné trubkové spoje (plyn) se používaly vnější trubkové závity na kuželové ploše s kuželovitostí 1 : 16.



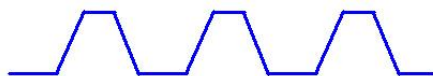
## Čtvercový závit:

Má profil ve s boky kolmými na osu šroubu. To způsobuje minimální tření mezi šroubem a maticí. Proto se používá u zařízení vytvářející velké osové síly ve šroubu jako jsou šroubové lis a šroubové zvedáky (hevery).



## Trapézový (lichoběžníkový symetrický) závit

Používá se pro pohybové šroubové mechanismy s malými osovými vůlemi.



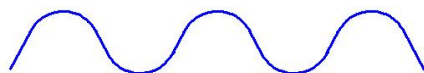
## Dělový (lichoběžníkový nerovnoramenný) závit:

Má nejvyšší pevnost ze všech závitů a proto se používá např. u zbraní.



## Oblý závit (Edisonův):

Používá se u tlakových hydraulických systémů.



### Výroba závitů:

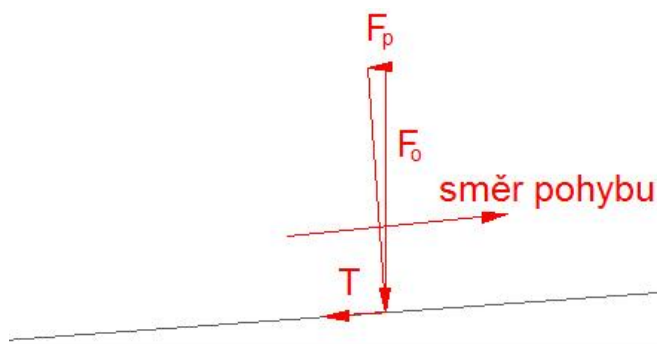
Ruční výroba:	Vnější závit řezáním	Závitové očko Závitnice
	Vnitřní závit řezáním	Závitníky v sadě 3 kusů Závitníky maticové
Strojní výroba:	Vnější závit řezáním	Soustružením Frézováním Strojním závitořezem
	Vnější závit válcováním	Velkovýroba šroubů a závitových tyčí
	Vnitřní závity řezáním	Strojními závitníky

### Nářadí na šrouby a matice:

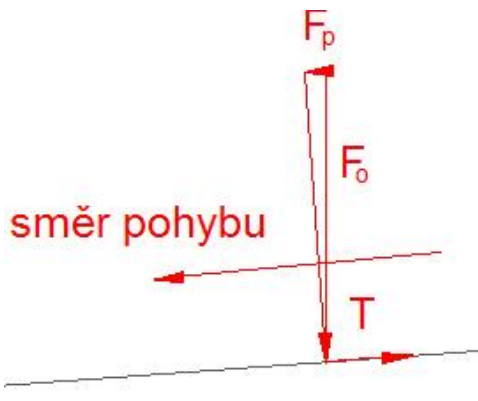
1. šestihranné hlavy klíče otevřené, očkové (prstýnky), trubkové, nástrčkové (oříšky), ...
2. hlavy s vnitřním šestihranem klíče Imbus (zahnuté) a Imbus s kuličkou
3. šroubováky ploché (musí sedět – správná šířka a tloušťka)
4. šroubováky křížové (musí sedět - pozor různé úhly a velikosti!!!)
5. šroubováky speciální pro „chráněné“ šrouby.

### Silové poměry na šroubu:

- a) utahování šroubového spoje



- b) povolování šroubového spoje



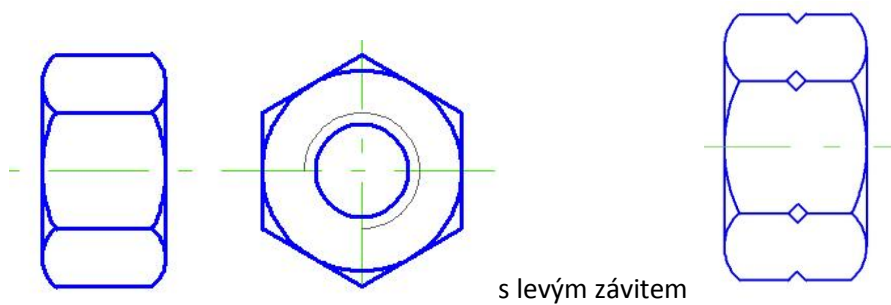
Důsledkem je, že pro utahování šroubu potřebujeme větší moment než pro povolování. Pro normalizované metrické šrouby platí přibližný vztah:  $M_u = 0,18 \cdot d \cdot F_o$

Př. Uťahovací moment pro šroub M10 a osovou sílu 10kN.

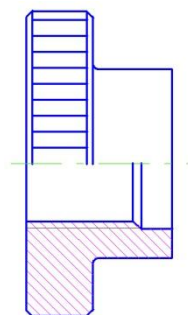
$$M_u = 0,18 \cdot 0,01 \cdot 10000 = 18Nm$$

### Matice:

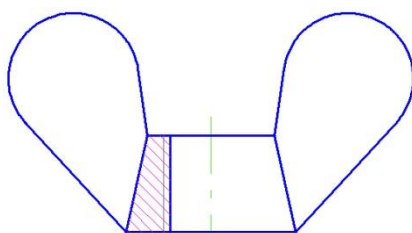
#### 1) šestihranné



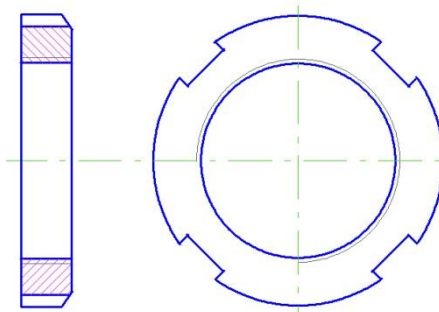
#### 2) rýhované



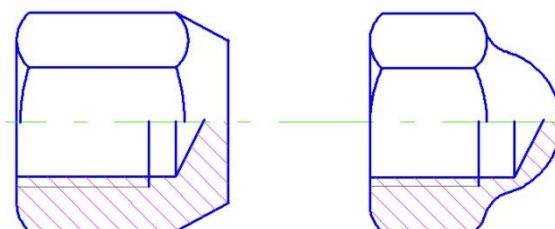
#### 3) křídlové



#### 4) se zářezy



#### 5) uzavřené a kloboukové



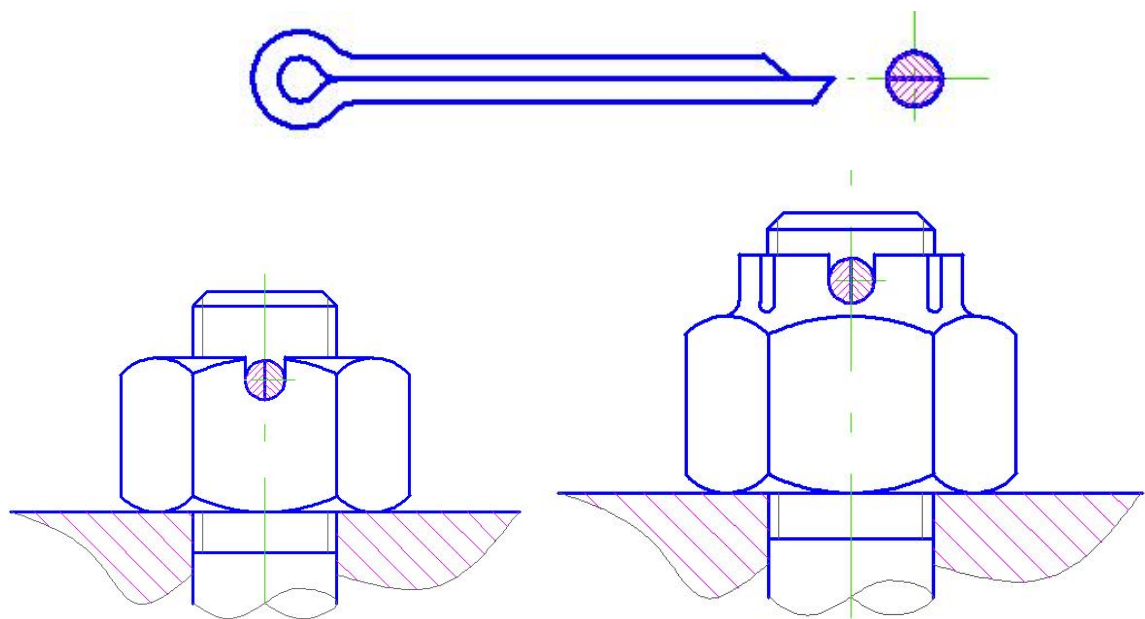
### Podložky:

- podložky pro šrouby s šestihrannou hlavou (běžná řada)
- velkoplošné (větší)
- karosářské (největší)

## Zajišťování šroubů:

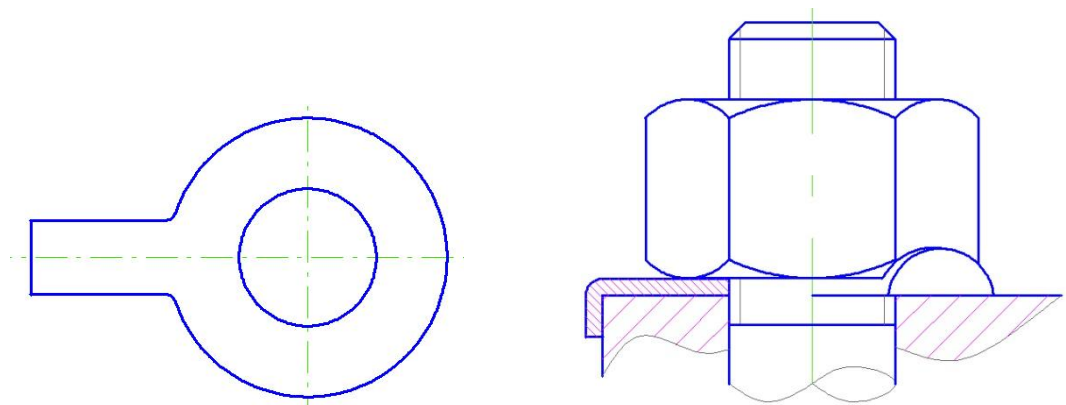
- a) zajištění tvarovým stykem

Závlačky a korunové matice

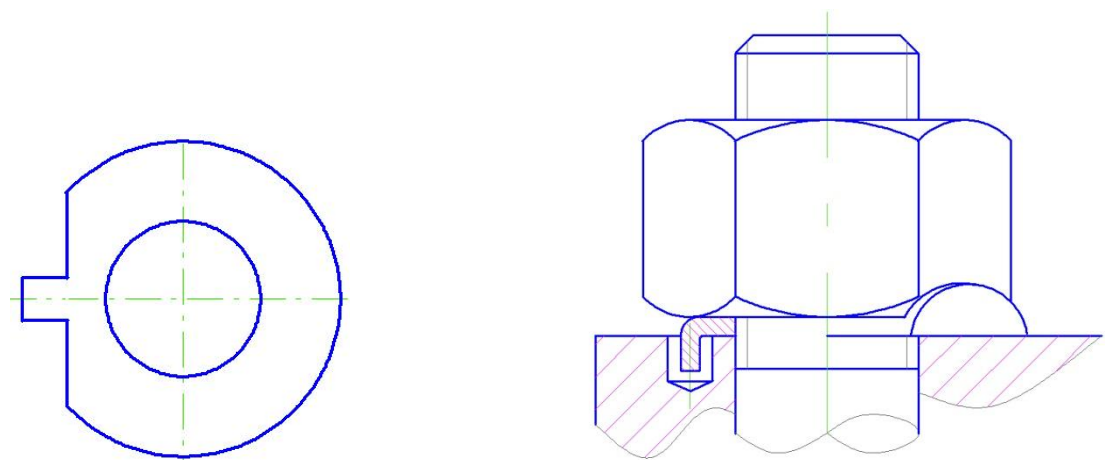


Tvarové podložky

- s jazýčkem

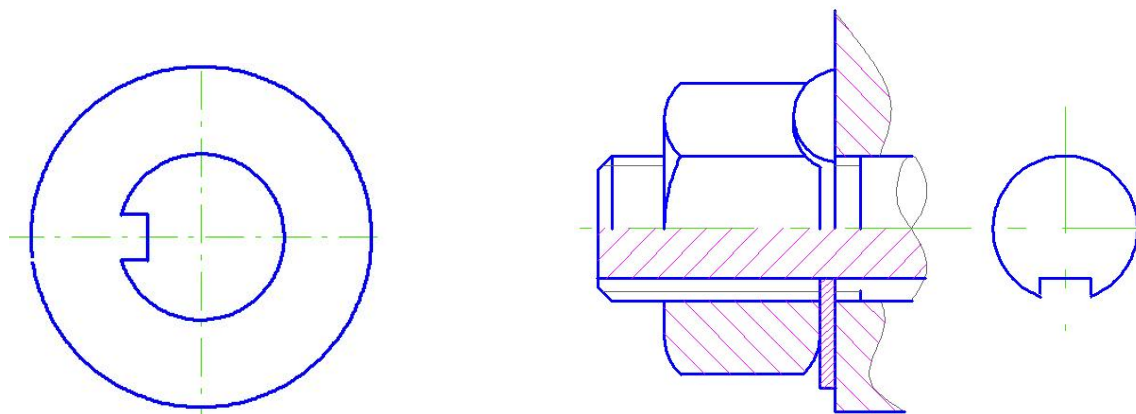


- snosem





- s vnitřnímnosem

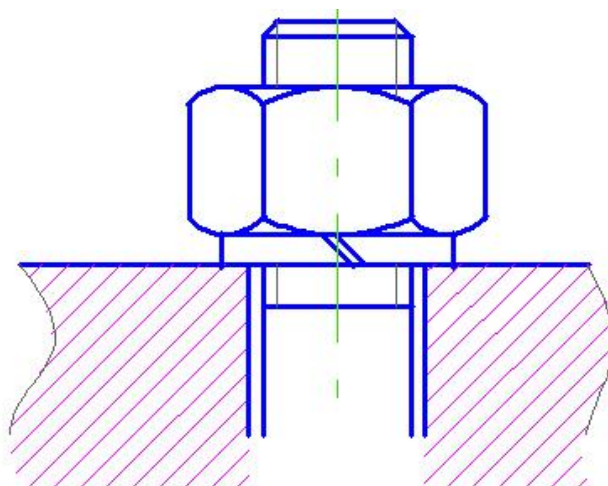


#### b) Zajištění silovým stykem

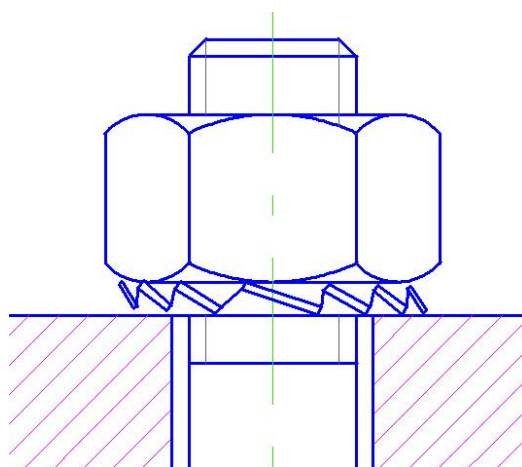
Pro zajištění se používá třecí síla. Ta usnadňuje opakovanou montáž a demontáž s libovolnou polohou dotažení matice vůči šroubu.

Pružnými podložkami

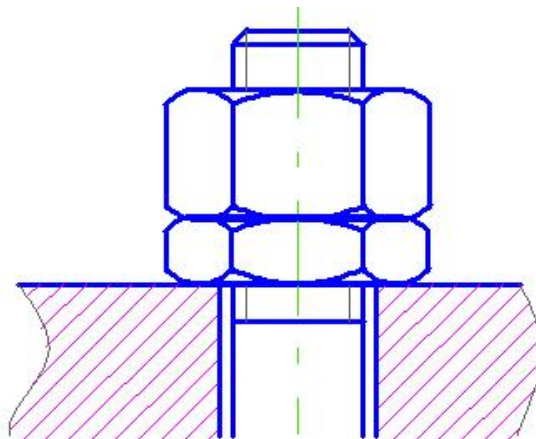
- pérová podložka



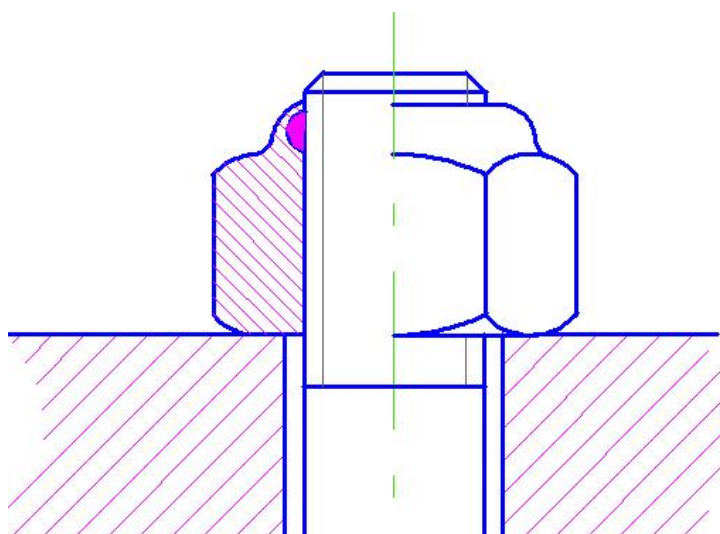
- vějířová podložka



Přítužnou maticí



Samodržnou maticí s plastovým kroužkem



c) Zajištění materiálovým stykem

- zajištění svarem = nerozebíratelný spoj
- lepením, zalakováním ve funkci plomby.

Druhy namáhání šroubů:

Šroubový spoj

- se zatěžovací silou v ose šroubu

- s předpětím

- se stálým zatížením

- se střídavým zatížením

- bez předpětí

- utahovaný v nezatíženém stavu

- utahovaný v zatíženém stavu

- se zatěžovací silou kolmou k ose šroubu

- s tvarovým stykem

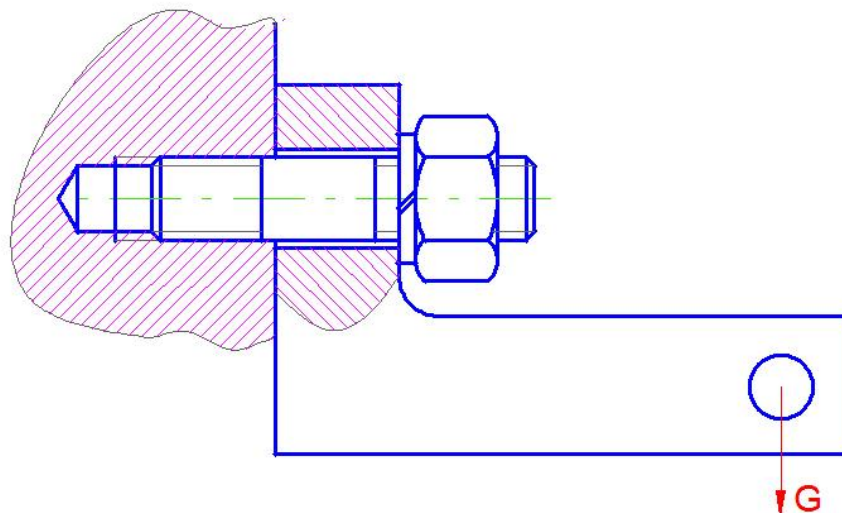
- se silovým stykem

1
2
3
4
5
6

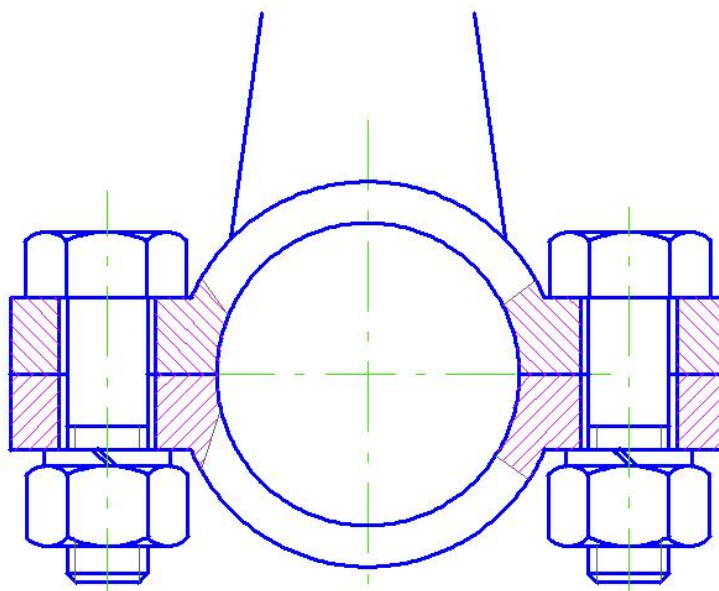
Jednotlivé typy zatížení ohrožují spolehlivost šroubového spoje různým způsobem. Nosným průřezem (kritické místo na šroubu) je jádro závitu (= malý průměr závitu  $d_3$ ) v místě 1. zašroubovaného závitu.

Ukázky jednotlivých šroubových spojů:

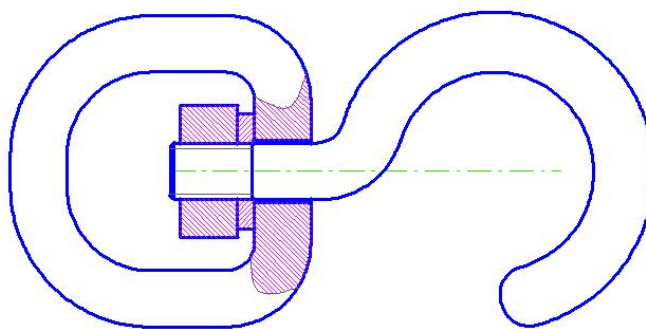
1. Šroubový spoj s předpětím, klidné zatížení



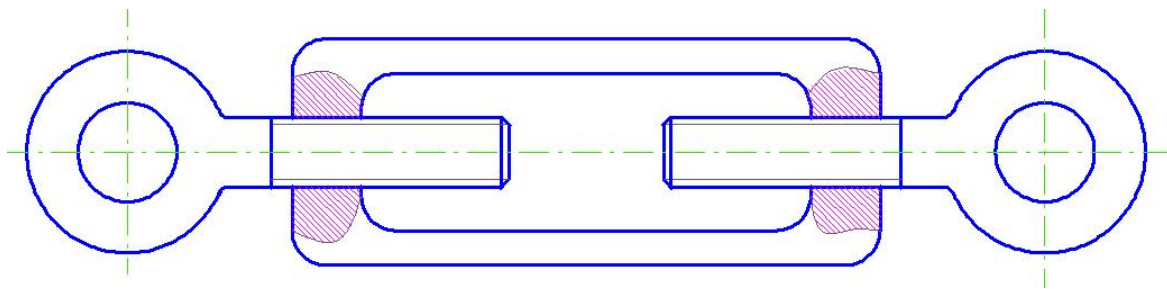
2. Šroubový spoj s předpětím, míjivé zatížení



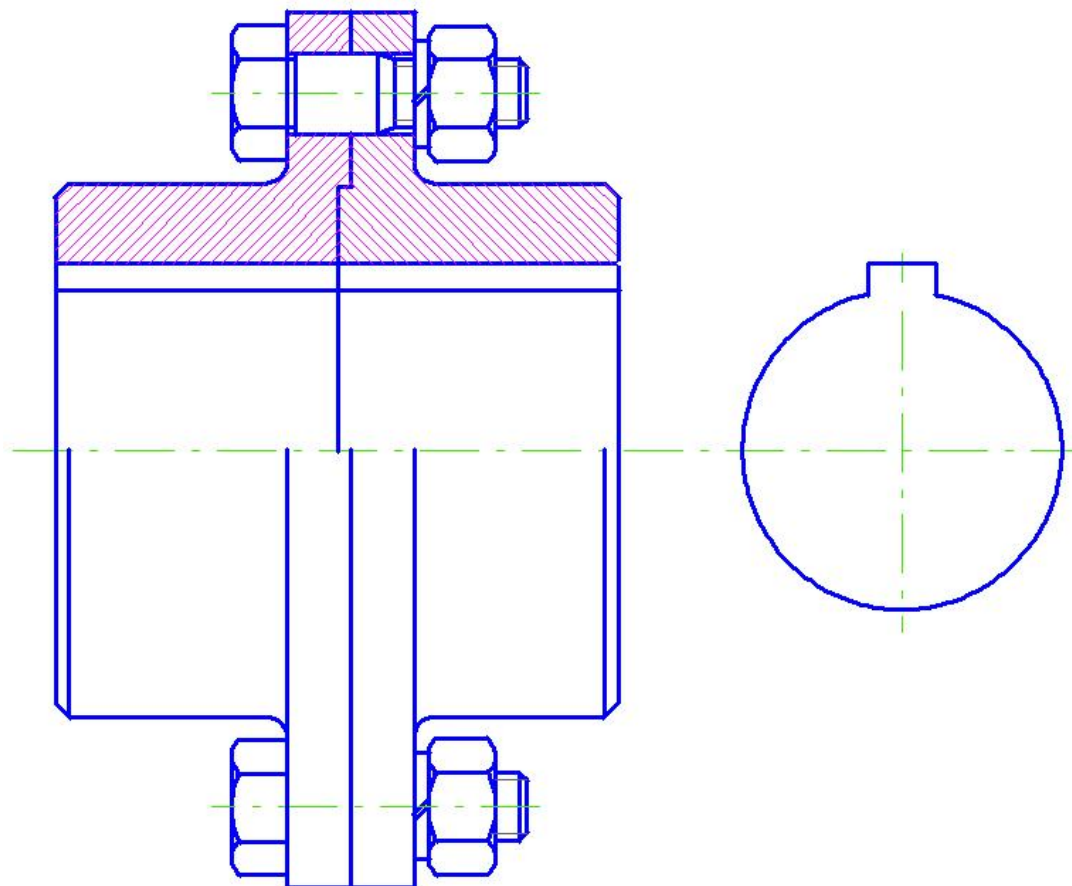
3. Šroubový spoj bez předpětí, utažené v nezatíženém stavu



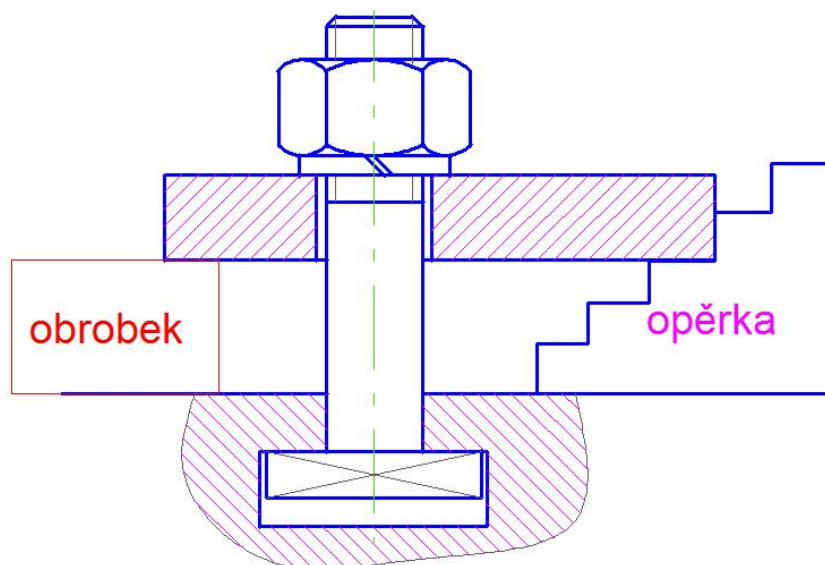
4. Šroubový spoj bez předpětí, utažené v zatíženém stavu



5. Šroubový spoj s tvarovým stykem



6. Šroubový spoj se silovým stykem



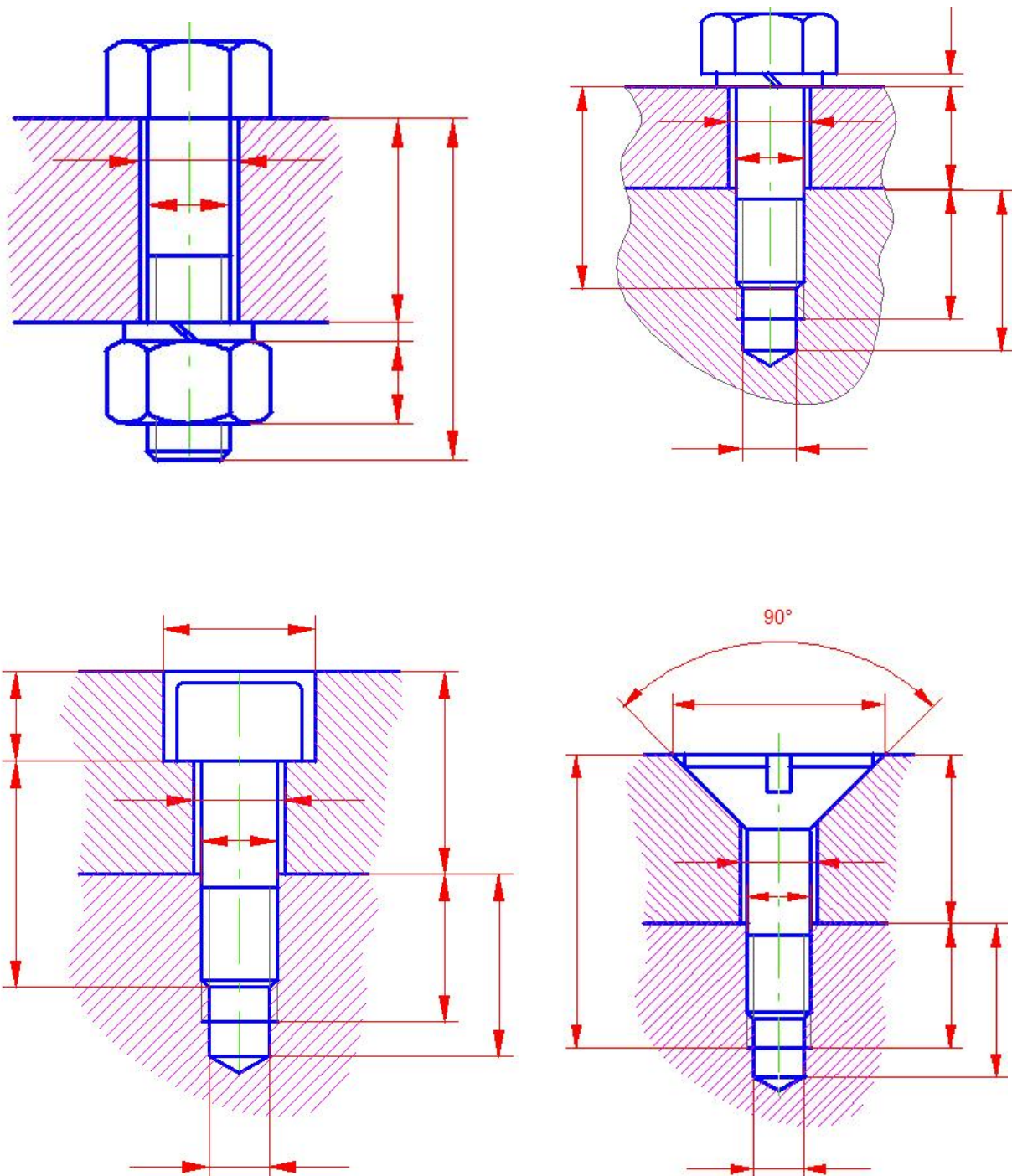


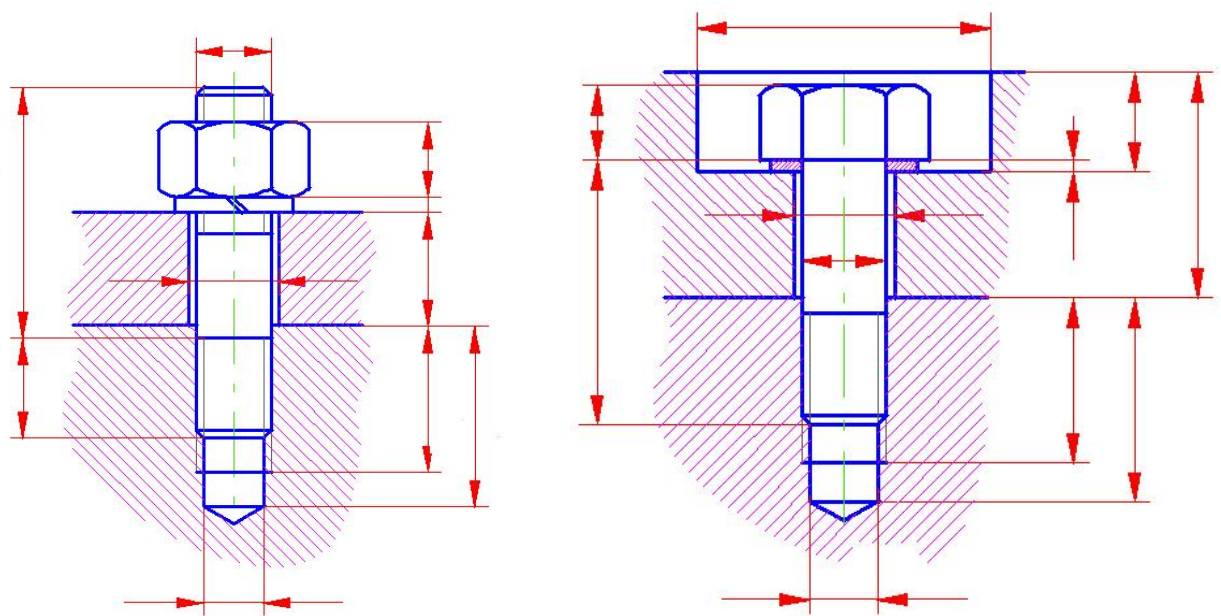
## Výpočet konstrukčních rozměrů součástí šroubového spoje:

Součástí výpočtu šroubového spoje je určení potřebné délky šroubu. POZOR šrouby nejsou vyráběny v libovolných ale pouze ve vybraných délkách – viz. normy šroubů.

Pro určení potřebné délky potřebujeme konstrukční rozměry spojovaných součástí, rozměry matic, podložek a velikosti hlav šroubů. Součástí konstrukčních rozměrů jsou i otvory pro šrouby, event. rozměry zahloubení pro hlavy šroubů.

Důležité rozměry jednotlivých druhů šroubových spojů:

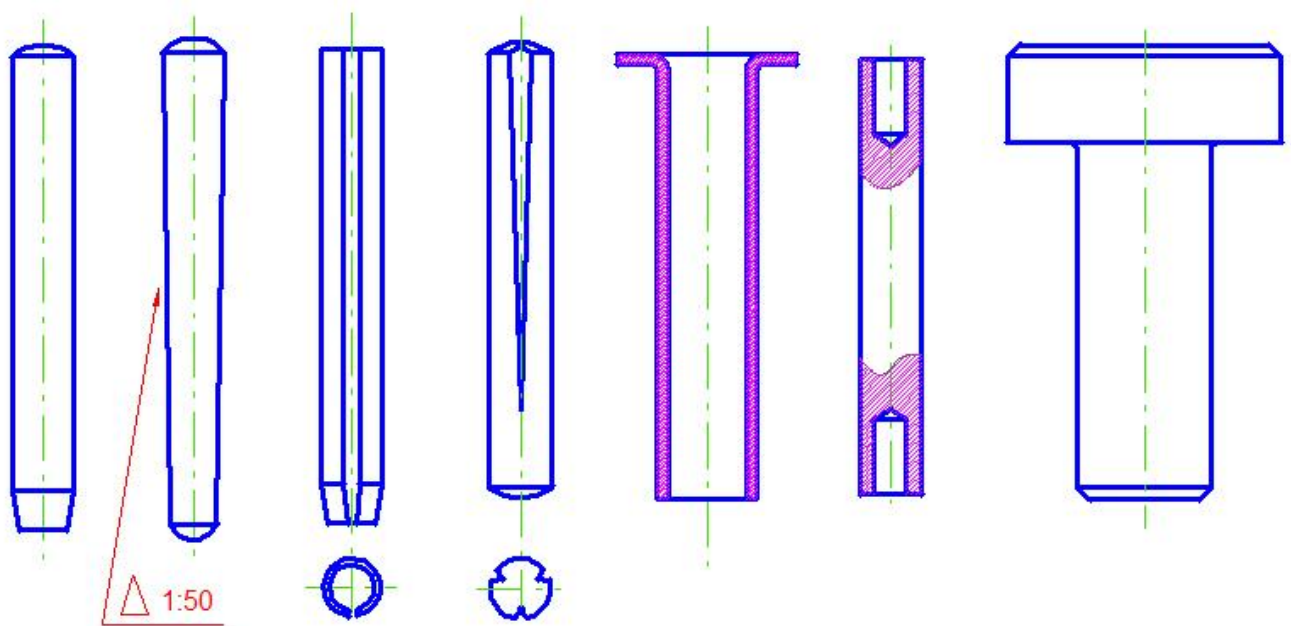




### Kolíky a čepy:

Slouží ke spojení součástí výhradně tvarovým stykem.

- Typy kolíků:
- válcový
  - kuželový
  - pružný
  - rýhovaný
  - roznýtovaný (dutý)
  - čep s hlavou

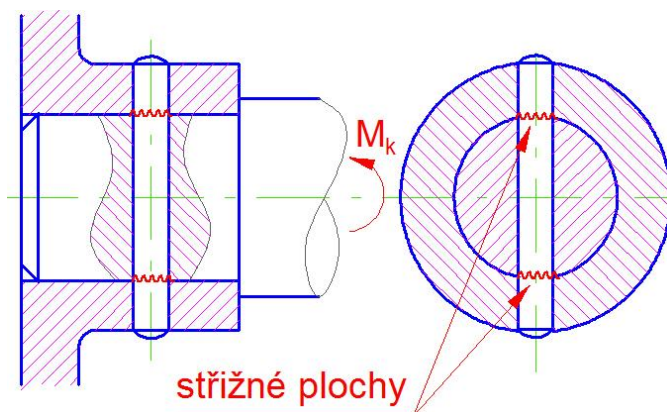


Použití: - přenos síly a kroutícího momentu

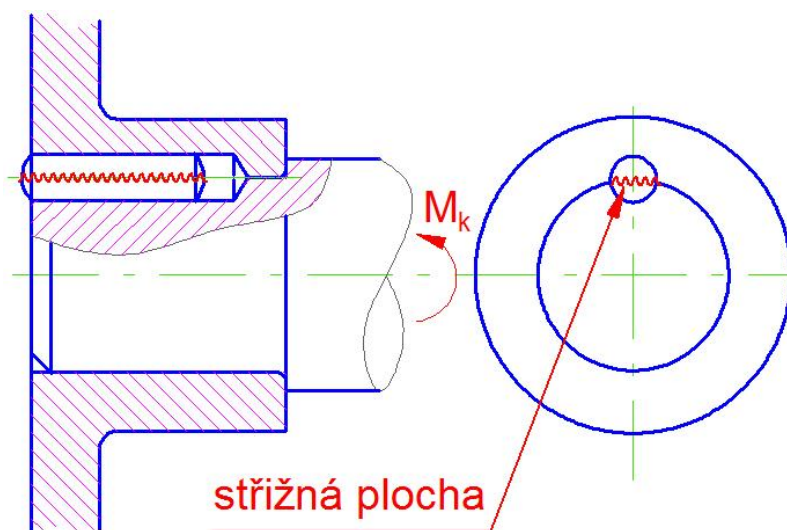
- přesné vymezení polohy – středící kolíky
- omezení přenášené síly – sřížné kolíky, brání proti přetížení nebo poškození

- otočné spojení dvou součástí

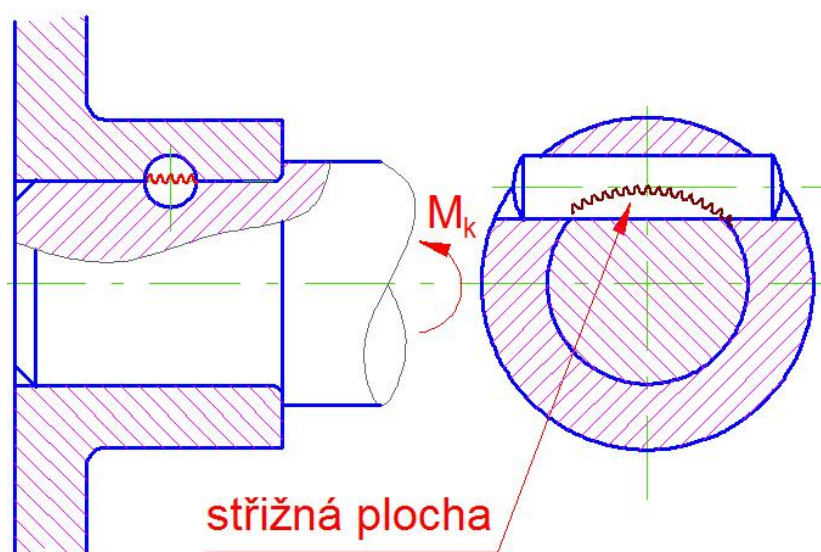
Přenos krouticího momentu radiálním kolíkem – malá střižná plocha = malý krouticí moment



Přenos krouticího momentu axiálním kolíkem – velká střižná plocha = velký krouticí moment, obtížné vytažení kolíku

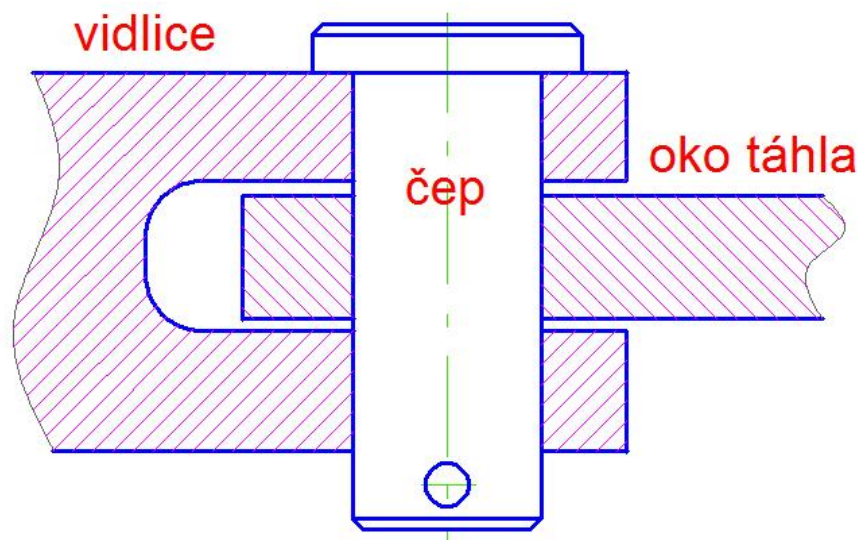


Přenos krouticího momentu tangenciálním kolíkem – velká střižná plocha = velký krouticí moment



Otočné spojení dvou součástí





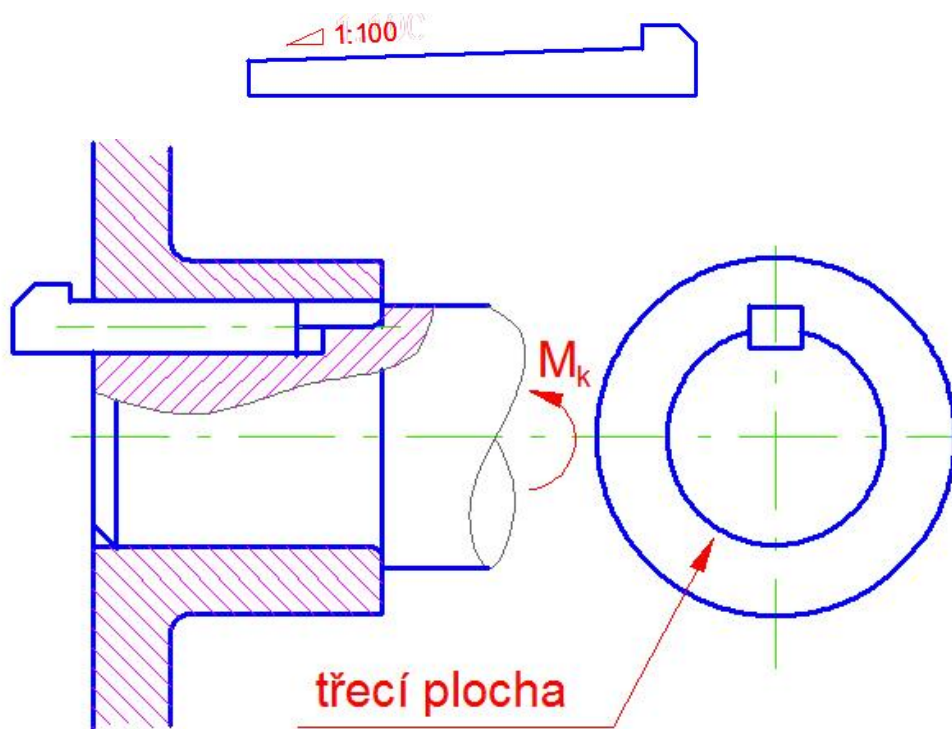
### Klíny:

Slouží ke spojení dvou součástí výhradně silovým stykem

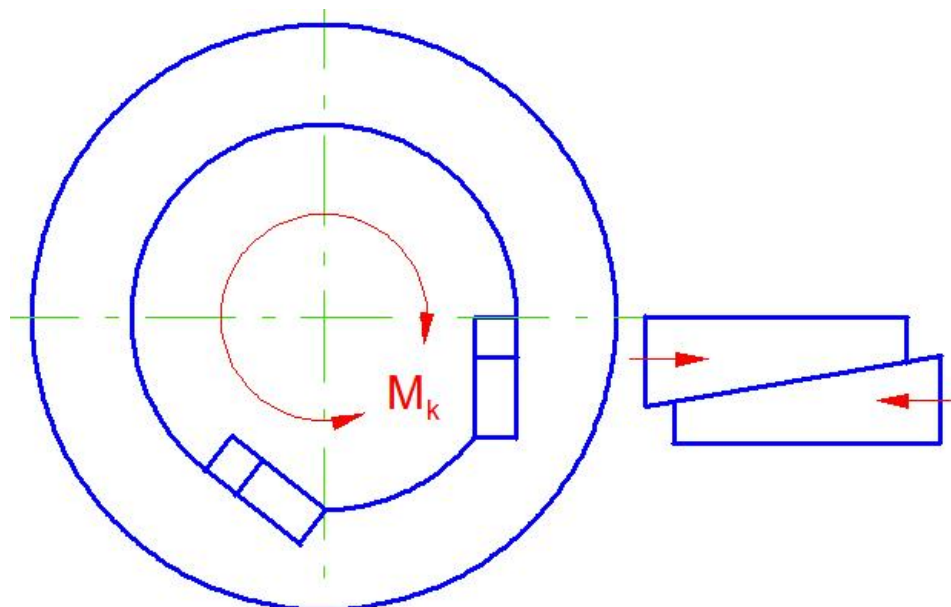
Použití: přenos kroutícího momentu

Typy: - klíny drážkové  
- klíny tangenciální

Přenos kroutícího momentu drážkovým klínem s nosem



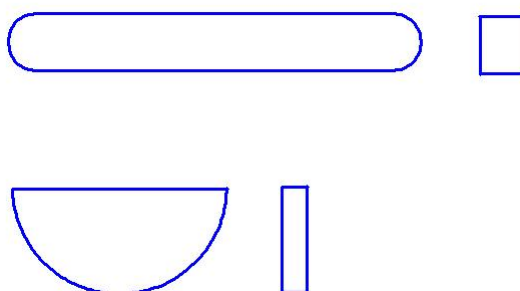
Přenos velkého krouticího momentu s rázy pomocí tangenciálních klínů (setrvačníky lisů).



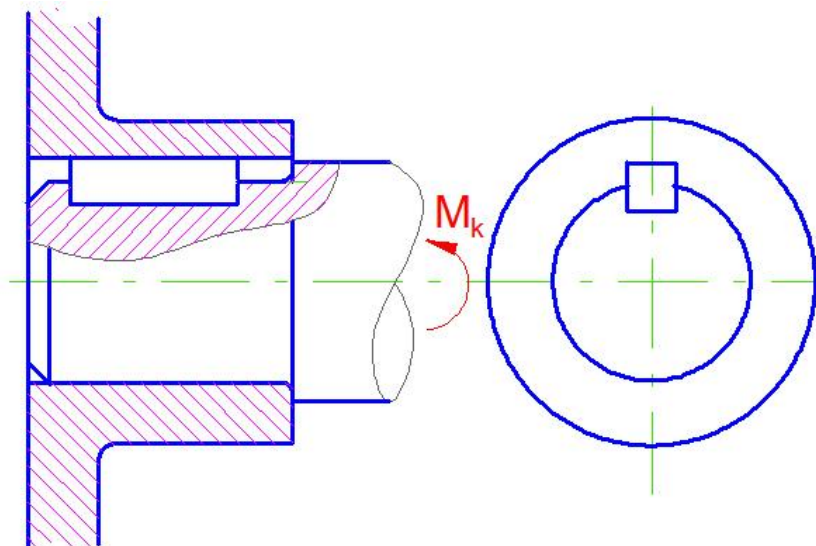
#### Pera:

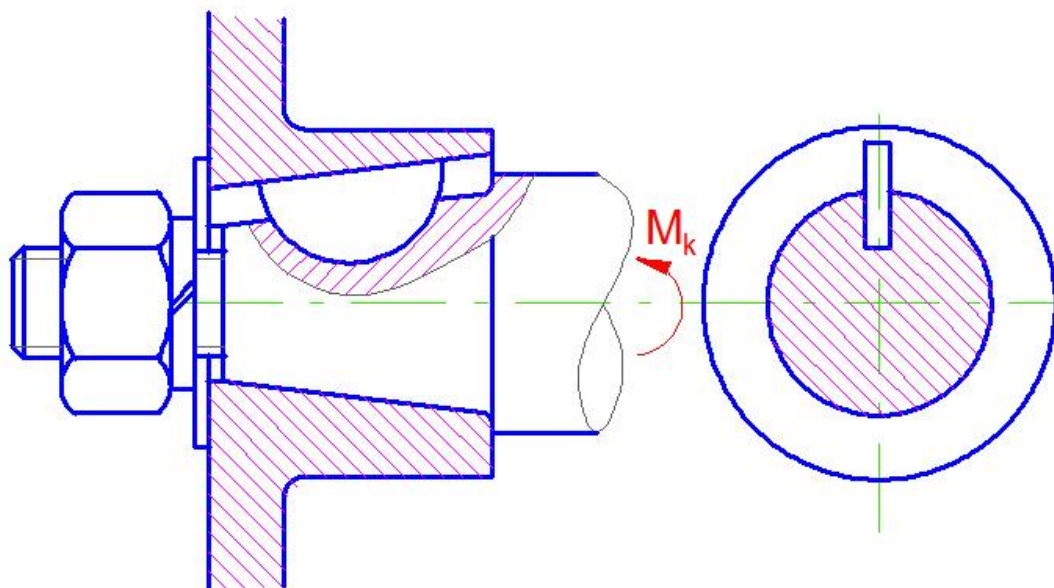
Slouží ke spojení součástí výhradně tvarovým stykem.

- Typy per:
- těsné
  - úsečové (Woodrufovo)



Přenos krouticího momentu mezi čepem hřídele a nábojem kola. Zajištění náboje se provádí buď pojistným kroužkem, nebo šroubem s velkoplošnou podložkou v ose šroubu.





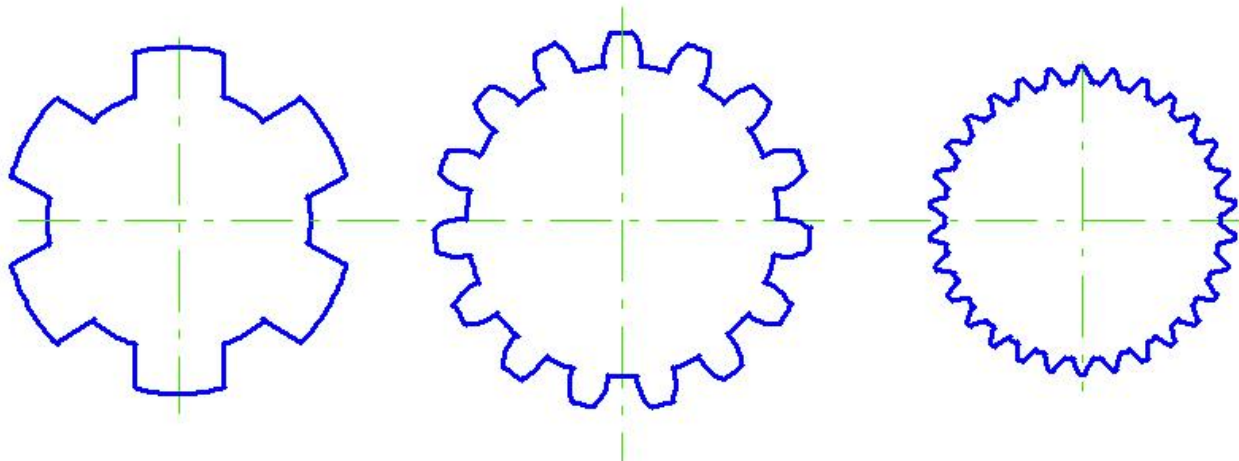
### Drážkování:

Slouží ke spojení součástí výhradně tvarovým stykem.

Typy: - rovnoboké (do průměru 32mm – 6drážek, do 64mm – 8 drážek, více – 10 drážek

- evolventní

- jemné (tisícihran)



Výhodou vícedrážkového drážkování je větší počet možných vzájemných montážních poloh mezi hřídelem a nábojem.

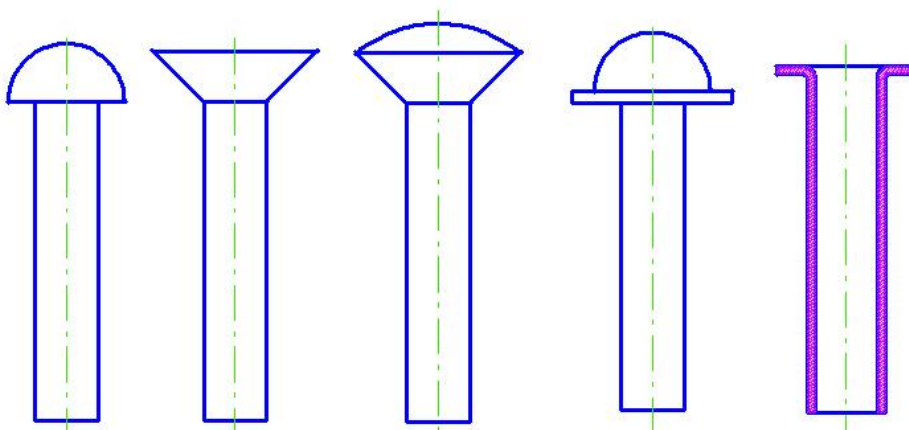
### Nýty a nýtované spoje:

Nýtované spoje jsou příkladem nerozebíratelných spojů. Rozebrání tohoto spoje je spojeno s zničením nýtů a s nebezpečím poškození ostatních součástí. Odstranění nýtů se provádí buď odsekáním, odbroušením nebo odvrtáním hlav nýtů. Hlava, kterou má nýt z výroby, se nazývá přípěrná hlava. Hlava vyrobená nýtováním se nazývá závěrná hlava. Posledním nýtovaným mostem u nás je most Žďákovský nad přehradou u Orlíka. Nýtované konstrukce byly nahrazeny výhodnějšími konstrukcemi svařovanými. V některých případech, kdy by tepelné namáhání svařováním mohlo ohrozit kvalitu spojů, se dnes užívají spíše šrouby. Tyto šrouby se utahují momentovým klíčem.

Nýtovaný spoj, pokud se provádí za tepla, je spojem se silovým stykem - nýtový spoj drží pomocí tření mezi spojovacími materiály (nýt by neměl být namáhán smykem). Pokud se provádí za studena jedná se o tvarový styk.

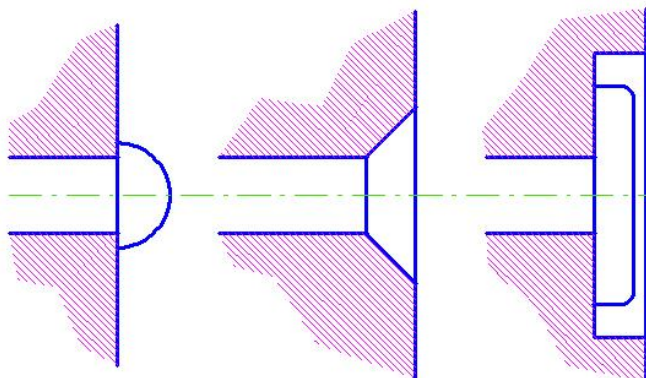
Typy nýtů:

- s půlkulatou hlavou
- zápusťný
- čočkovou hlavou
- kotlový
- dutý



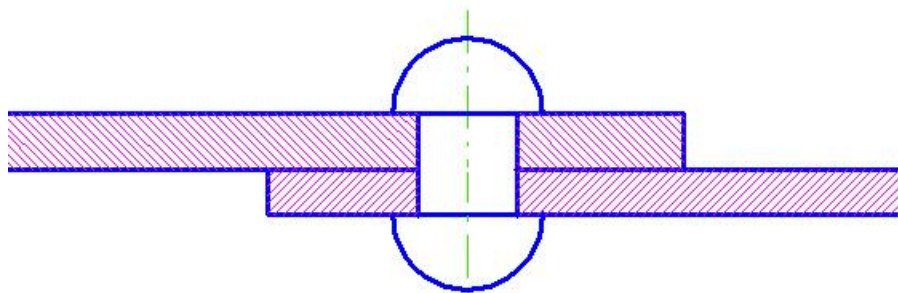
Typy závěrných hlav:

- půlkulatá
- skrytá
- zapuštěná

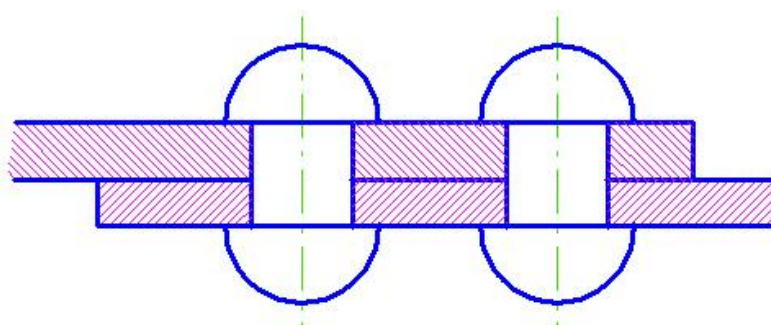


Způsoby provádění nýtových spojů:

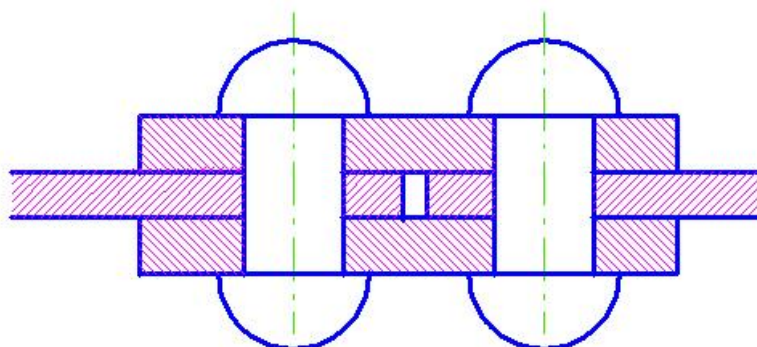
- přeložením



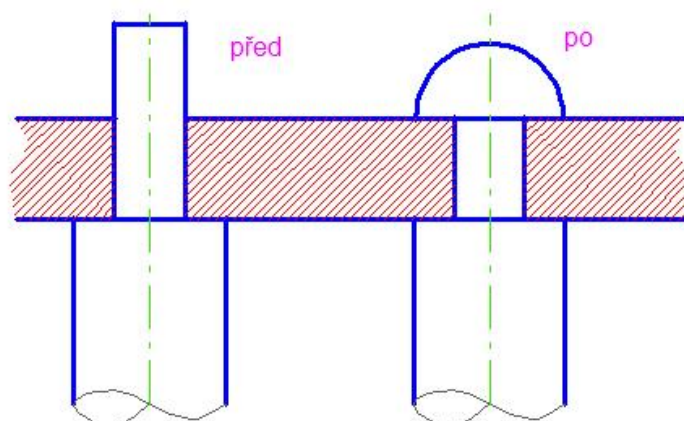
- přeplátováním



- dvojité (oboustranné) přeplátování



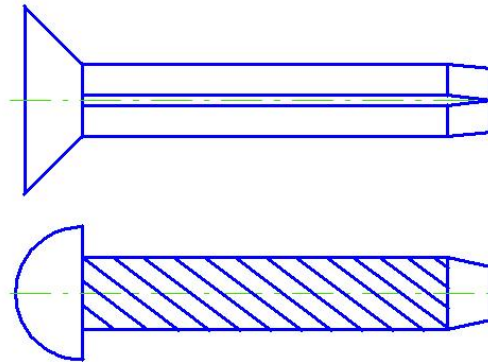
Nepřímé nýtování – tvar nýtu je součástí připojované součásti.





### Hřeby, hřebíky a spony:

Typy hřebů:      - rýhované  
                         - šroubové



Typy hřebíků:

- podle tvaru hlavy
  - kolářské
  - stavební
  - lepenkářský (lepeňáky)
- podle tvaru dřívku
  - hladký
  - kroucený
  - se zpětnými háčky

Typy sponek: - hranaté

- oblé

- pozinkované

- s pryskyřičným povrchem (při zatlučení dojde k jejímu natavení a zalepení spony)

Pravidlo pro sponkování: celková délka spony musí být větší než 3x tloušťka přibíjeného materiálu.

**Lepené spoje:**

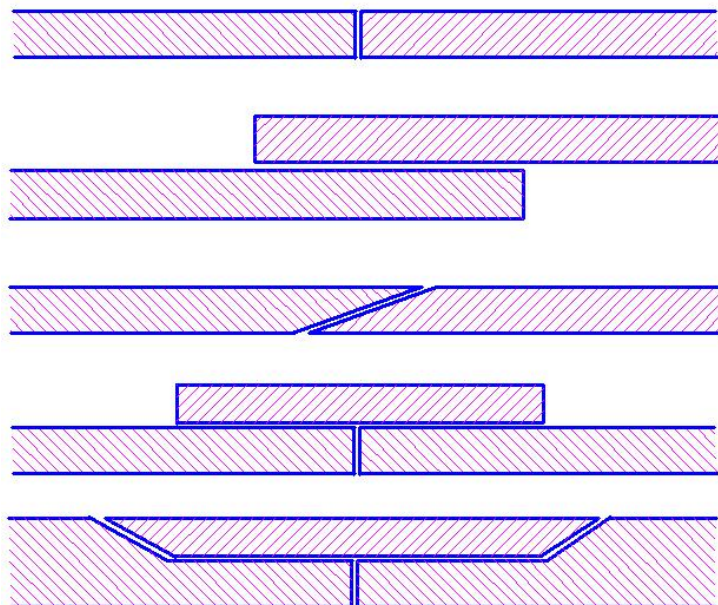
Představuje spoj s materiálovým stykem, používající materiál jiného typu než je materiál lepených součástí.

Typy lepidel:    - tvrdnoucí            - vyschnutím  
                         - polymerací  
                         - tlakem

### Způsoby lepení:

- natupo = malá pevnost
- přeložením
- šikmé přeplátování
- záplatování

- zapuštěné záplatování



### Pájené spoje:

Představuje spoj s materiálovým stykem, používající materiál stejného typu než je materiál pájených součástí. Pájecí kov (pájka) musí mít nižší teplotu tání než je teplota tání materiálů obou pájených součástí. Pájka je většinou slitina, která je schopna difuze do povrchu pájených součástí. Dělíme je na měkké pájky s teplotou tání do 400°C (60%Pb+40%Sn) a tvrdé pájky nad 400°C (Ag, slitiny zinku = mosaz). Dokonale čistý povrch součástí zajišťuje látka (většinou kapalná) které se říká tavidlo.

Pravidla pájení (letování):

- mechanická čistota (obroušení)
- chemická čistota (použití tavidla)
- co nejmenší množství pájecího kovu na co největší ploše.

### Svarové spoje:

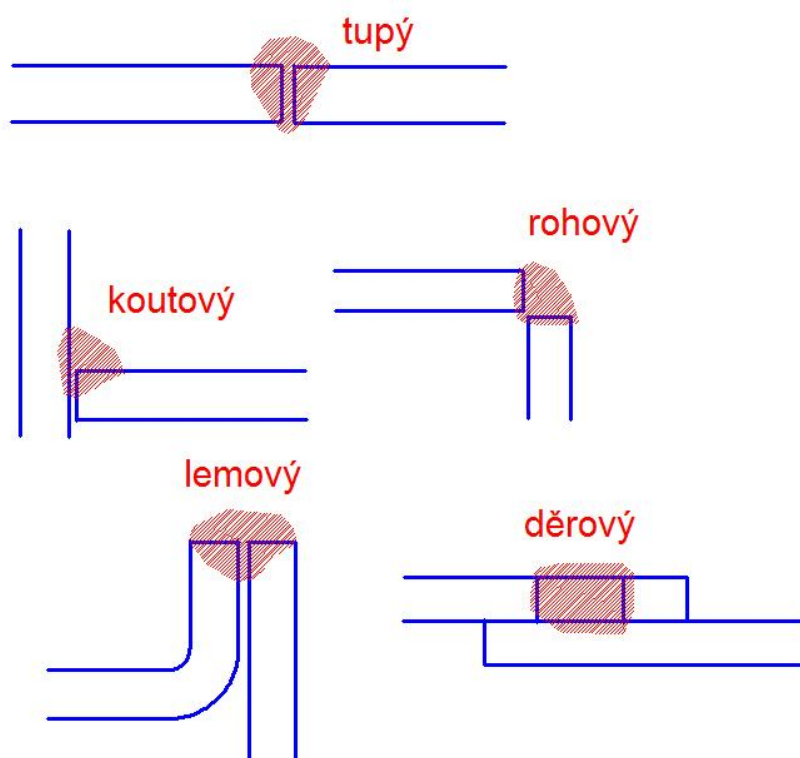
Jedná se o spoj s materiálovým stykem používající materiál podobného typu jako je materiál spojovaných součástí. Během svařování dochází k natavení povrchu obou svařovaných součástí, vytvoření tzv. svaru s event. doplněným přídavným materiálem.

#### Svařovací technologie:

- elektrickým obloukem
  - tavnou obalovanou elektrodou = MAG
  - tavnou elektrodou v ochranné atmosféře = MIG
  - netavnou elektrodou v ochranné atmosféře = TIG
  - pod tavidlem
- elektrický odpor
  - bodové
  - švové
  - bradavkové
- plamenem
  - kysliko-acetylenový plamen
- tlakové (kovářské)
- termitem



Typy svarů:

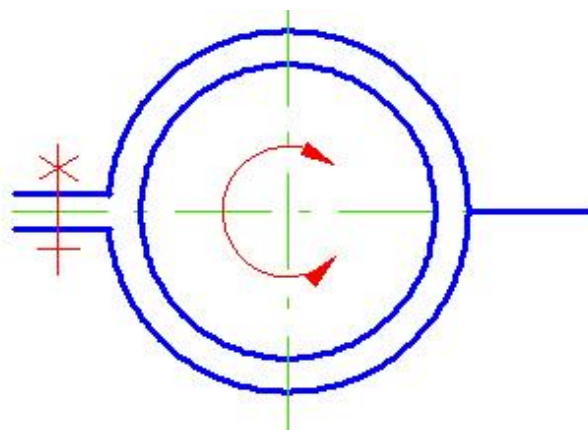


### Svěrné spoje:

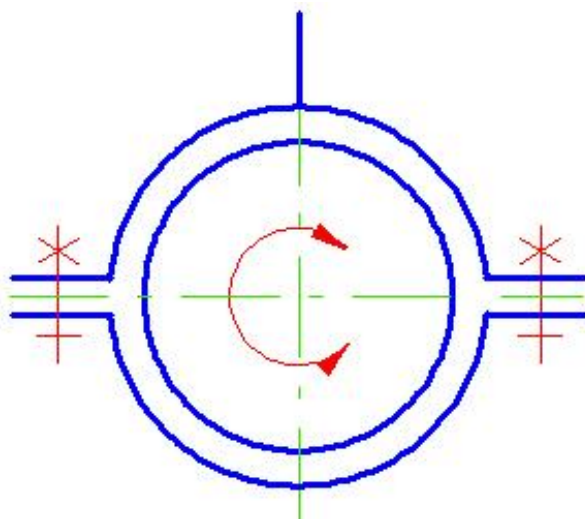
Uskutečňují spojení součástí výhradně silovým stykem.

Příklady svěrných spojů:

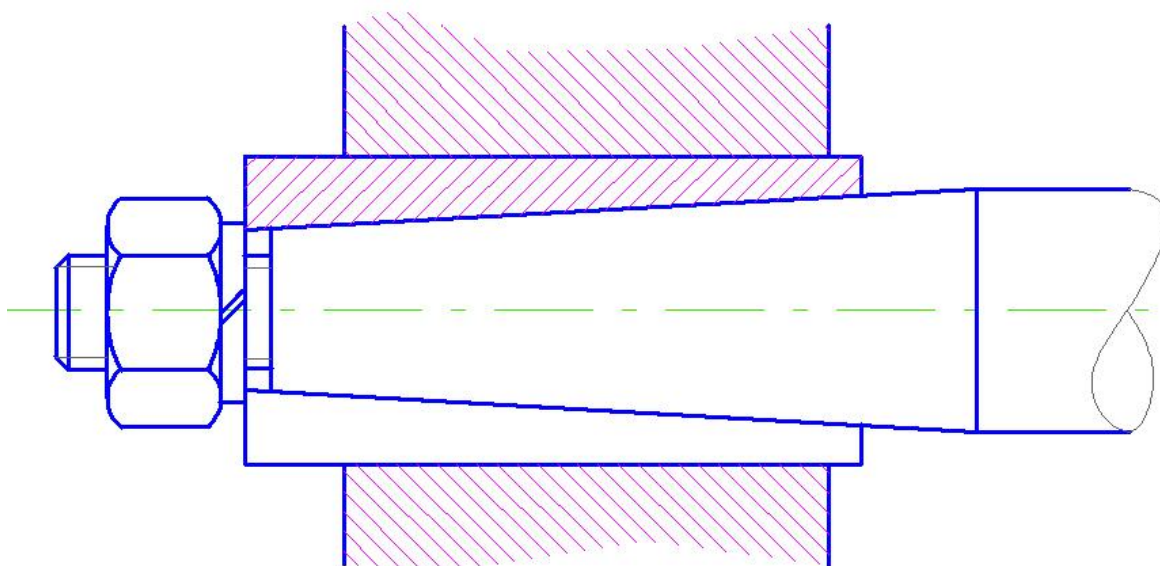
- jednostranná objímka



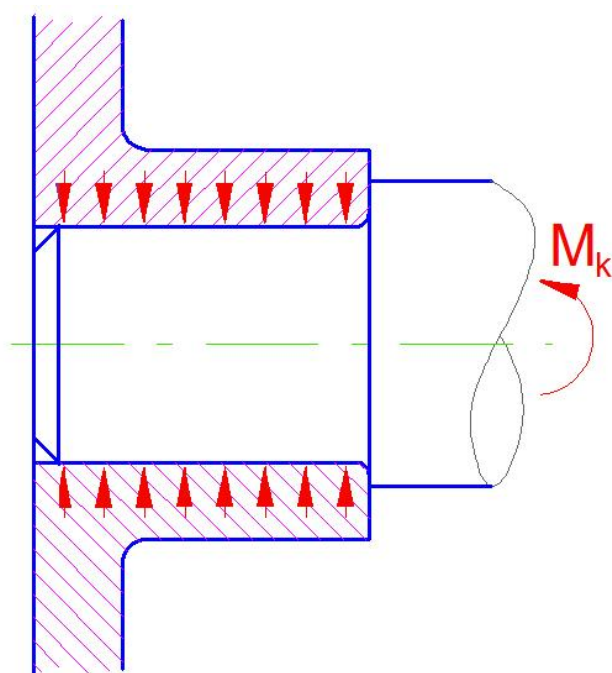
- oboustranná objímka



- kleština – dělené kuželové pouzdro



- nalisovaný spoj



Nalisovaný spoj je nejjednodušší ze svěrných spojů. Vyžaduje však velmi přesnou výrobu. Montáž se převážně provádí za tepla (zahřátý náboj). Jeho rozebírání pak vyžaduje práci pod lisem. Při montáži za tepla je nutné používat buď dřevěné nebo jiné měkké palice nebo lisy. Bezpečné spojení vyžaduje „bezpečnost“ = 2. Spoj ve skutečnosti unese 2x větší zatížení. Výpočet potřebného přesahu (rozdíl rozměrů otvoru a čepu) je náročný a u složitějších tvarů náboje pouze přibližný.

### **Pružiny:**

Pružiny jsou součástky, které jsou schopny velkých vratných změn svých rozměrů. U kovových pružin se využívá vlastnosti lineární závislosti deformace na zatížení.

Účel pružin:

- tlumení vibrací a rázů
- zajišťují vratný pohyb
- akumulují potenciální energii
- zajišťují trvalý silový spoj
- ....

Typy pružin:

- kovové
- pryžové
- pneumatické

Podle tuhosti:

- lineární = síla narůstá rovnoměrně s deformací
- progresivní = síla narůstá rychleji s rostoucí deformací
- degresivní = síla narůstá pomaleji s rostoucí deformací

Kovové pružiny:

- zatížené ohybem
- zatížené krutem
- zatížené kombinovaně

Pružiny zatížené ohybem:

- listová pera
- spirálové pružiny (hodinová pera)
- vinuté zkrutné
- vzpěrné (degresivní)

Pružiny zatížené krutem:

- torzní tyče
- vinuté tlačné
- vinuté tažné

Pružiny zatížené kombinovaně:

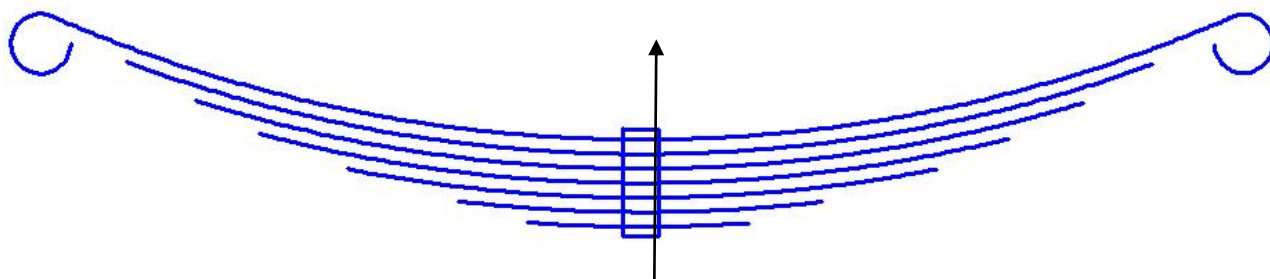
- talířové pružiny
- kroužkové pružiny

Vlastnosti listových per: jsou těžká, mají tlumící účinek, jsou zatížitelné i v podélném směru = vedou zavěšenou součást.

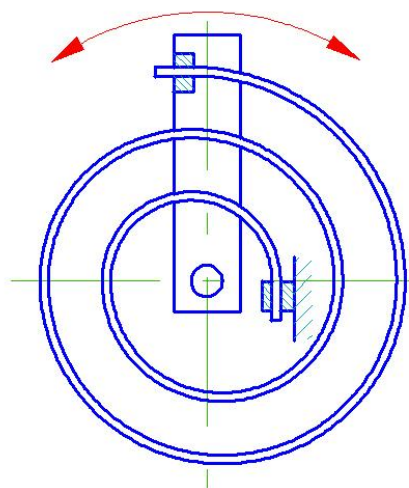
Vlastnosti vinutých pružin: jsou lehká, optimálně využívají materiál.

Tuhost vinutých pružin: stoupá prudce s rostoucí tloušťkou drátu, lineárně stoupá s počtem činných závitů a klesá se zvětšujícím se průměrem vinutí pružiny.

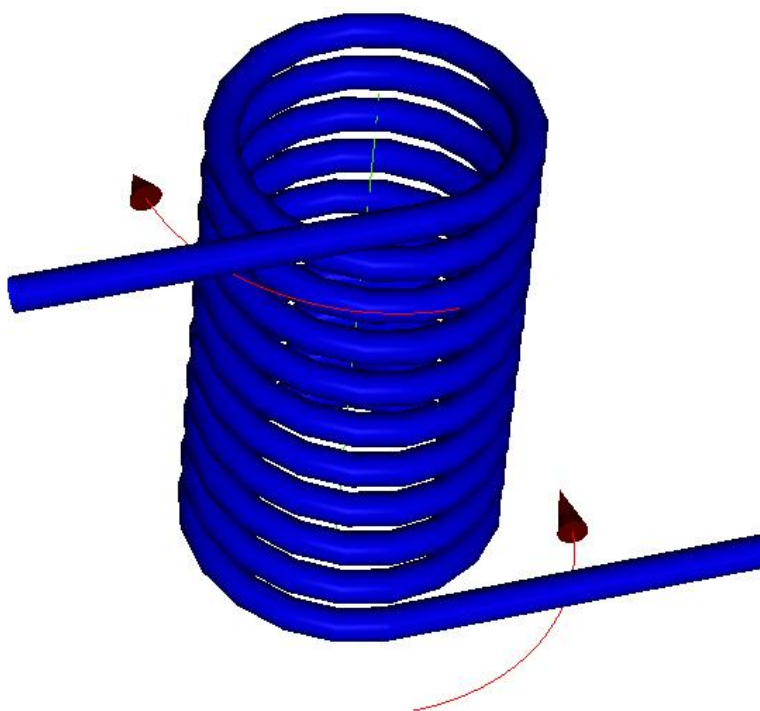
Listové pero

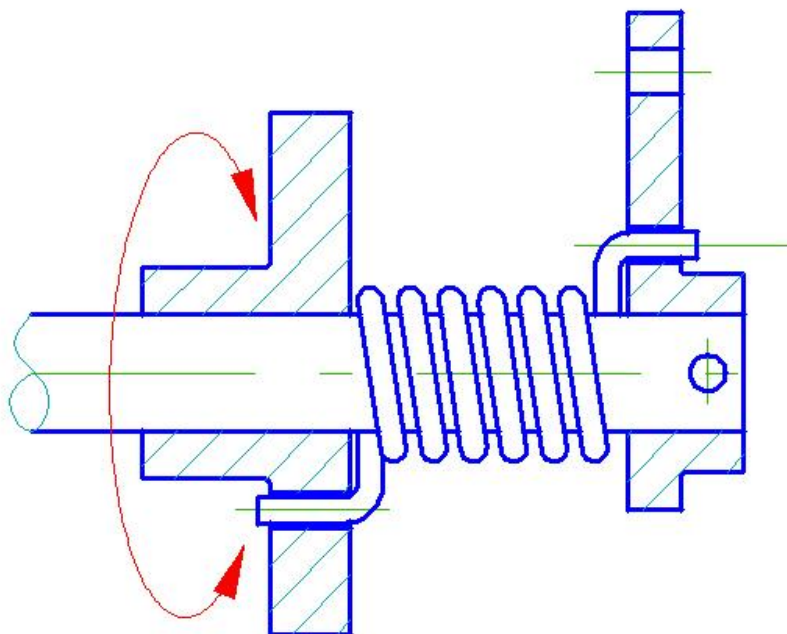


Spirálová pružina



Vinutá zkrutná

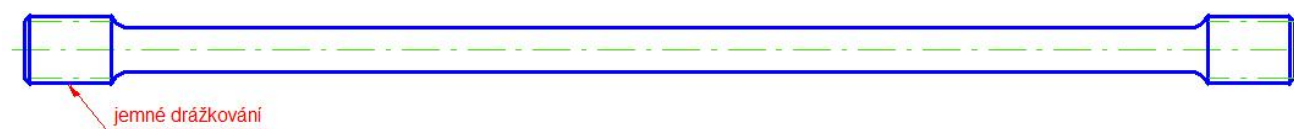




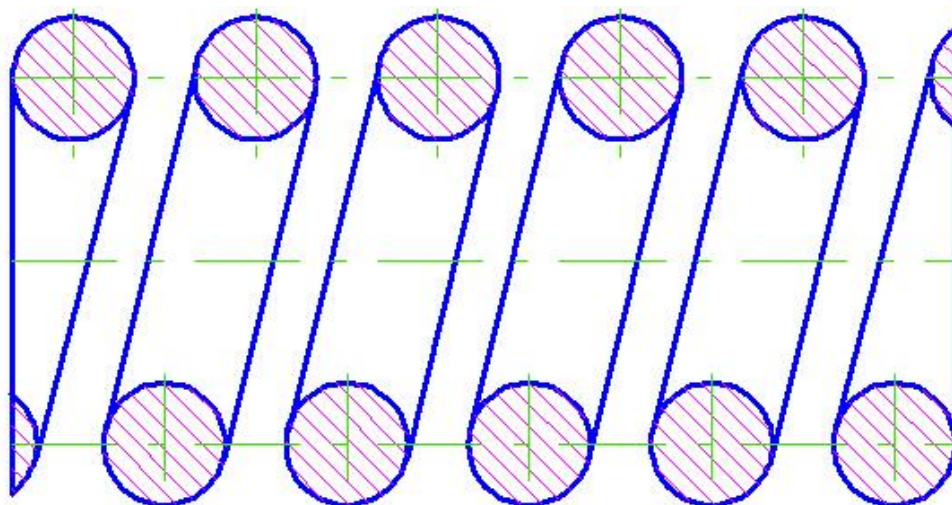
Vzpěrná (degresivní) - při stlačování prudce klesá tuhost pružiny – téměř k nule



Torzni tyč

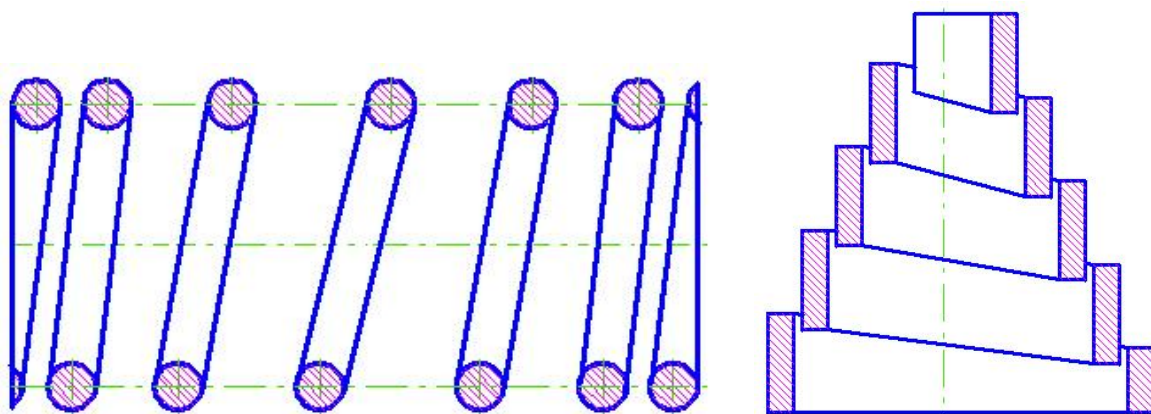


Vinutá tlačná lineární

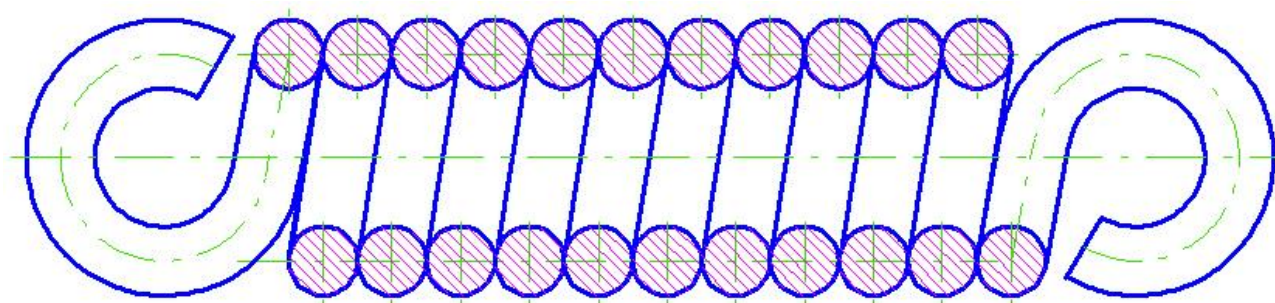




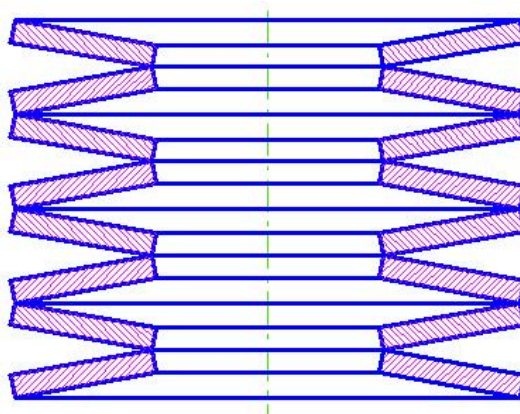
Vinuté tlačné nelineární (progresivní) – při stlačování postupně dosedají závitů = snižuje se počet činných závitů



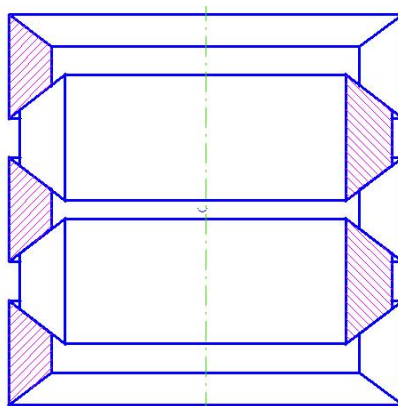
Vinuté tažné – mívají předpětí = k deformaci dochází až při určité síle



Talířová (jednoduché, vícenásobné) – mají nelineární - progresivní průběh tuhosti



Kroužková – dělené i nedělené prstence



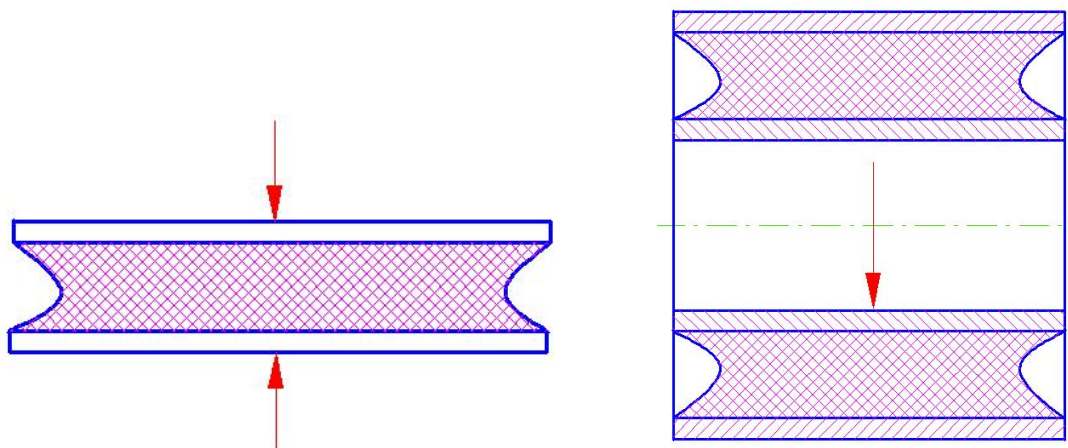
## Přezové pružiny (silentbloky)

Materiál přírodní nebo syntetická pryž nebo pružný plast.

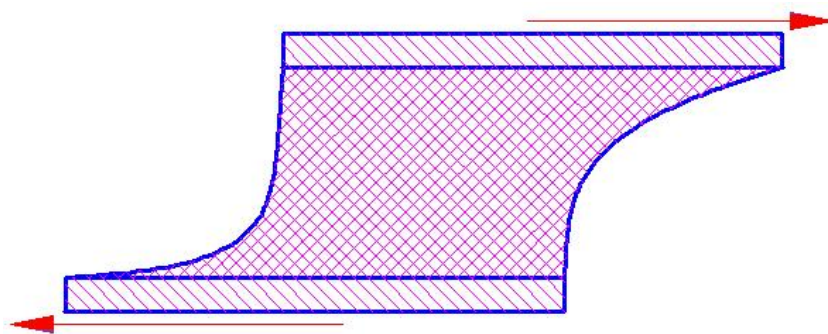
Vlastnosti pryžových pružin:

- mají omezenou životnost
- mají velkou tuhost + menší zdvih
- mají velký tlumicí účinek = zahřívají se
- mají omezenou odolnost proti chemickým látkám (olejům, rozpouštědlům,...
- stárnou vlivem UV záření

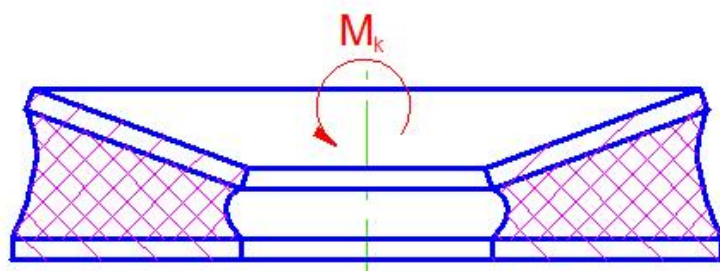
### Zatížené tlakem



### Zatížené smykem



### Zatížené krutem

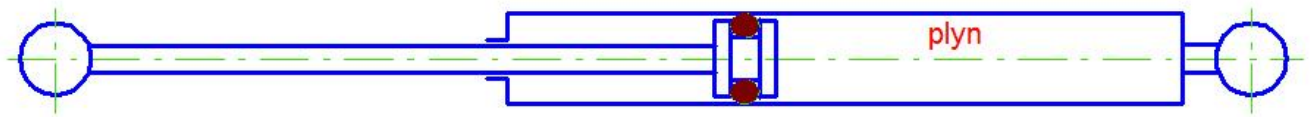




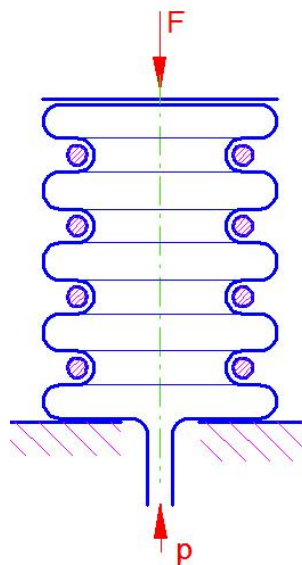
### Pneumatické pružiny:

- čistě pneumatické (měchy, plynové válce) - mají progresivní průběh tuhosti
- hydropneumatické

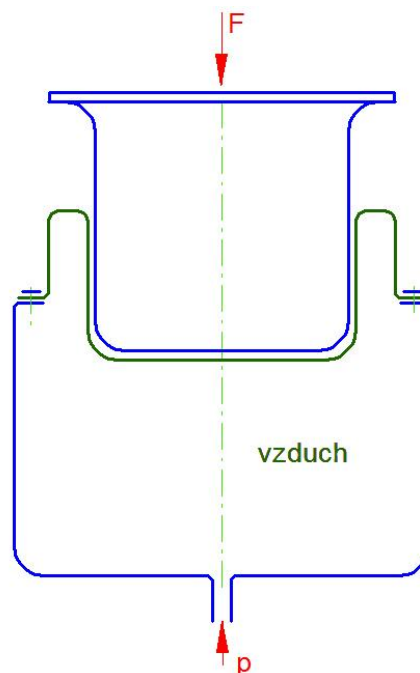
Plynové pístnice – vzpěry (válcové plněné stačeným dusíkem), mají až o 75% nižší hmotnost než ocelové pružiny. Poměrně velké tření způsobené tlakem plynu na ucpávku zvětšuje rozdíl mezi zasouvací a vysouvací silou.



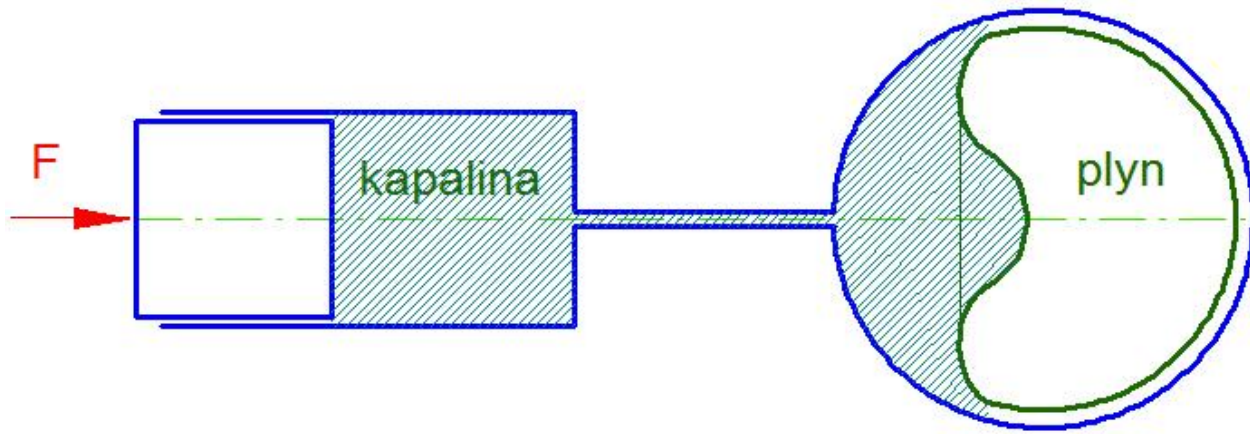
Radiální měchy



Axiální měch – mají stavitelnou pracovní výšku (délku)



Hydropneumatické pružiny – používá firma Citroen – mají stavitelnou pracovní polohu



### Ložiska:

Druhy ložisek: - kluzná  
- valivá

### Kluzná ložiska:

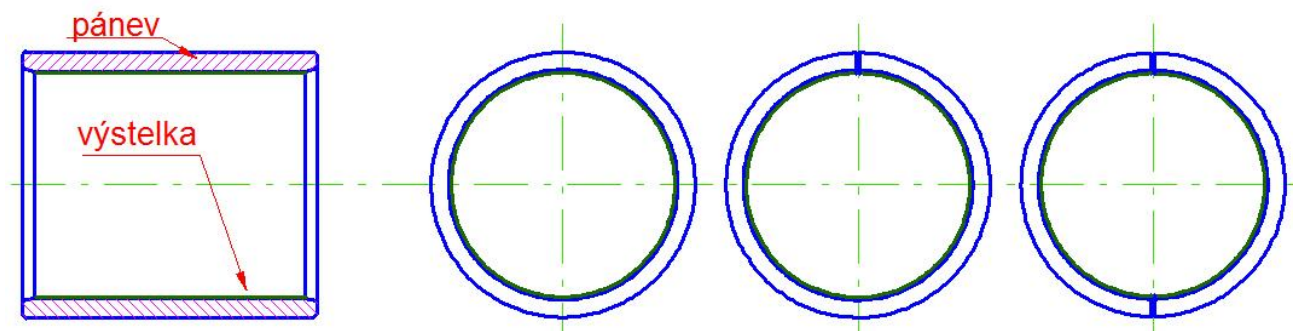
- umožňují otáčivé, kývavé nebo posuvné spojení součástí
- přenášejí radiální nebo axiální síly
- mezi jednotlivými plochami dochází ke smykovému tření (suché, polosuché nebo kapalinné)
- vlivem tření dochází opotřebení – zvyšování vůlí

Nevýhody: - krátká životnost  
- větší délka čepů (kvůli snížení měrného tlaku)

Výhody: - malý vnější průměr  
- lehké  
- levné  
- odolávají rázům

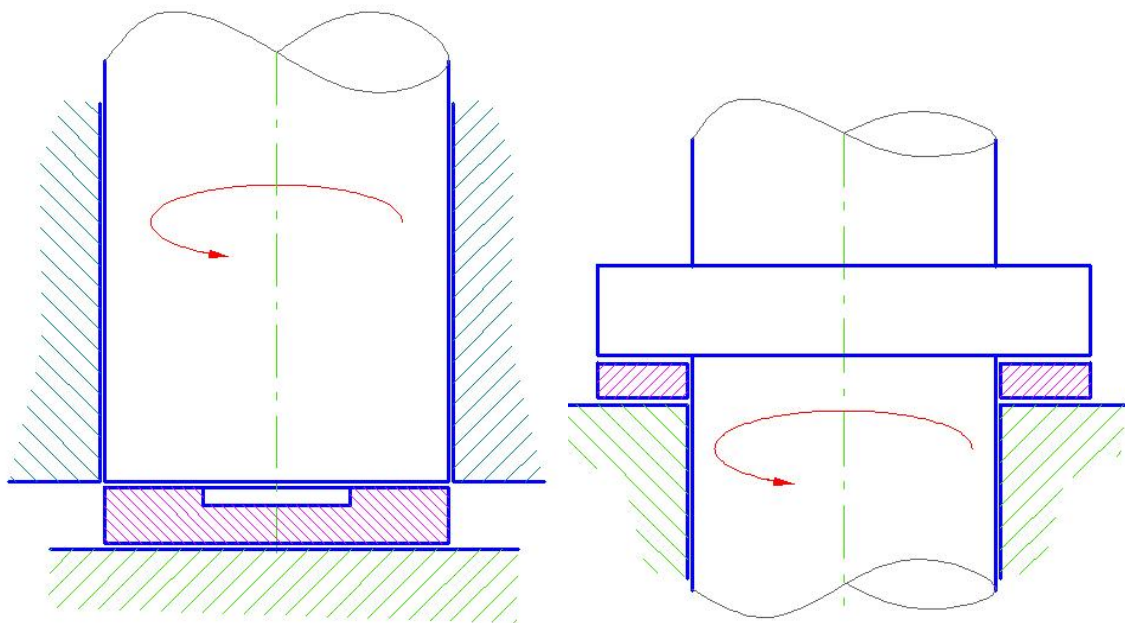
Konstrukce: - jednovrstvé silnostěnné (silon, tvrdá guma, šedá litina, slinuté prášky)  
- jednovrstvé tenkostěnné (bronz hliníkový, olověný)  
- vícevrstvé (ocel. pánev + výstelka olovo, cín, teflon, kompozice,...)  
- nedělené = trubka  
- zakroužené = plech  
- dělené = segmentové

Radiální kluzná ložiska – pouzdra nedělená (z masivu nebo ze spékaného bronzu - samomazná), zakružovaná, dělená (šály)



Výstelka je z kompozice, bronzu nebo polymerová (teflon, kopolymer,...)

Axiální kluzná ložiska – patní a prstencová



Mazání ložisek: - mazací tuky (vazelína) –malé rychlosti, malé síly

- mazací olej – velké síly, velké rychlosti = chlazení ložisek

- tuhé mazivo – grafit, molika = sirník molibdeničitý

Mazání se provádí mazacím kanálkem a mazací drážkou (rovnou nebo spirálovou)

Samomazná ložiska jsou z porézního bronzu vyráběná práškovou technologií a jsou nasycena olejem.

### **Valivá ložiska:**

Používají se pro otáčivé, kývavé nebo posuvné uložení součástí.

Pracují na principu odvalování valivých tělísek mezi dvěma plochami.

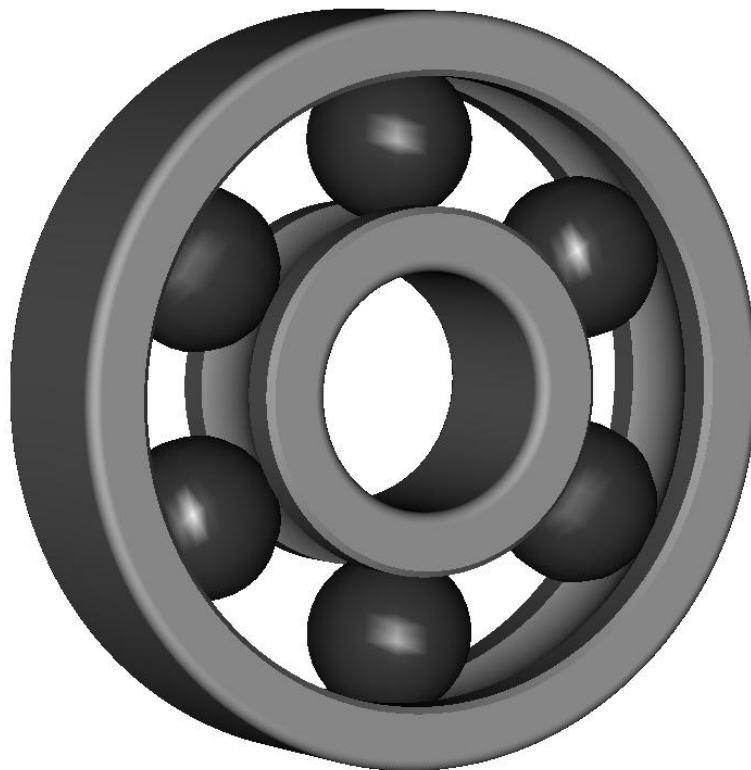
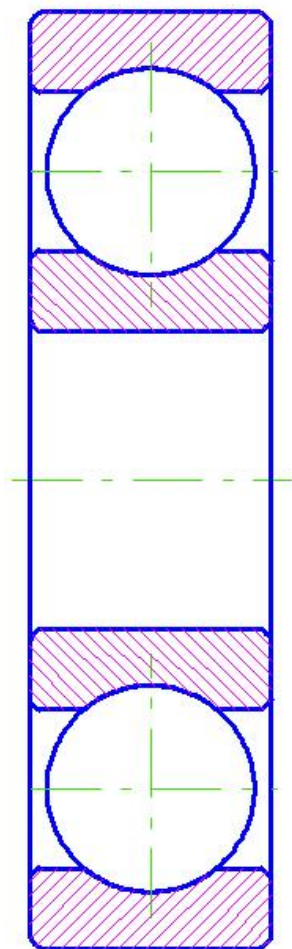
Valivá tělíska:	- kuličky	- kuličková ložiska
	- válečky	- válečková ložiska
	- jehly	- jehlová ložiska
	- kuželíky	- kuželíkové ložiska
	- soudečky	- soudečková ložiska

Nevýhody valivých ložisek:	- velká hmotnost
	- velký vnější průměr
	- vyšší cena
	- nesnáší rázy
	- velká hlučnost

Výhody valivých ložisek:	- menší tření = menší ztráty = menší zahřívání
	- větší životnost
	- menší náročnost na údržbu = menší spotřeba maziva
	- snášejí vysoké otáčky (do 30 000/min)
	- kratší délka čepu = menší stavební délka

Kuličkové jednořadé radiální ložisko:

Je nejpoužívanějším valivým ložiskem.



- je určeno k přenosu radiální síly (kolmé na osu otáčení), je schopno přenést 30% axiální (ve směru osy otáčení) síly v obou směrech.

- skládá se ze 4 typů součástí: vnitřní kroužek, vnější kroužek, kuličky a klec.

- vyrábí se v 5 základních řadách

- velmi těžká řada 64XX

- těžká řada 63XX

- středně těžká řada 62XX

- lehká řada 60XX

- velmi lehká řada 160XX

XX označuje vnitřní průměr ložiska = XX vynásobeno 5. (00 = 10mm, 01 = 12mm, 02 = 15mm, 03 = 17mm).

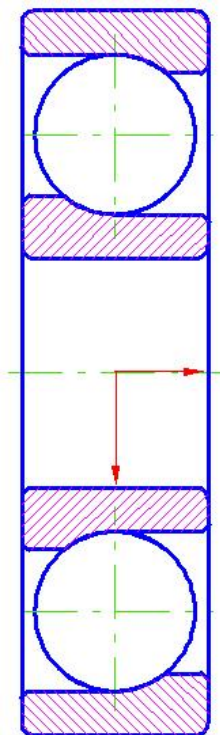
Př. 6307 je ložisko těžké řady pro hřídel průměru 35mm

6202 je ložisko středně těžké řady pro hřídel průměru 15mm

Ložiska stejného označení XX různé řady se liší jak svojí šířkou, tak vnějším průměrem. Čím těžší řada tím větší vnější rozměry. Nejsou tedy zaměnitelné!!!

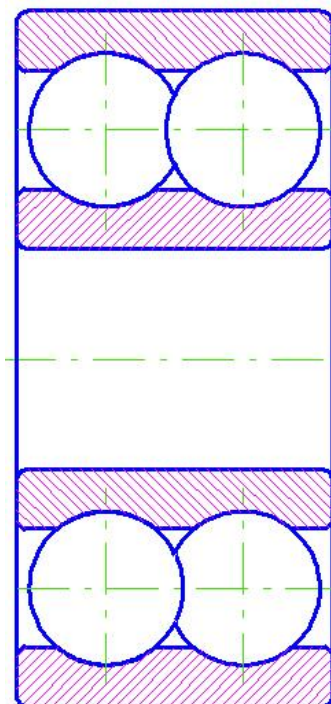
- vyrábějí se buď nezakrytá, nebo zakrytá plechovým nebo plastovým těsnícím kroužkem. Zakrytá ložiska mají celoživotní náplň maziva.

Jednořadé kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem



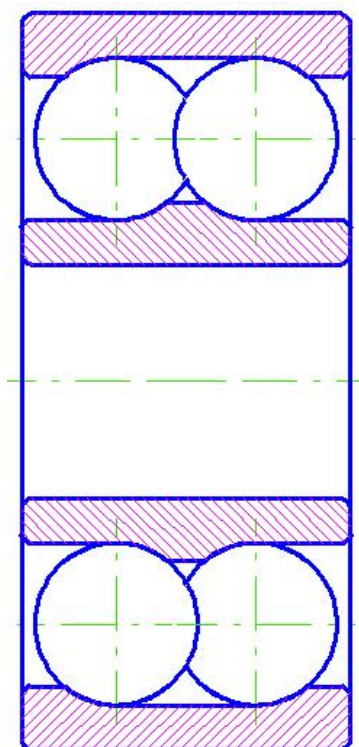
Je schopno přenášet i axiální síly ale jen v jednom směru. Charakteristickým znakem pro jeho rozpoznání je velký rozdíl v tloušťce vnitřního a vnějšího kroužku (z druhé strany naopak).

Dvouřadé kuličkové radiální ložisko

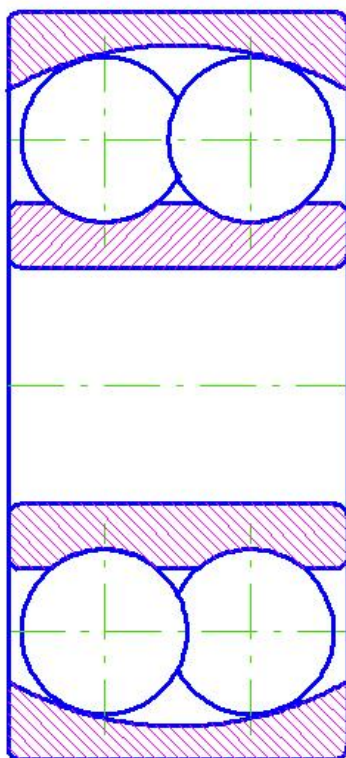




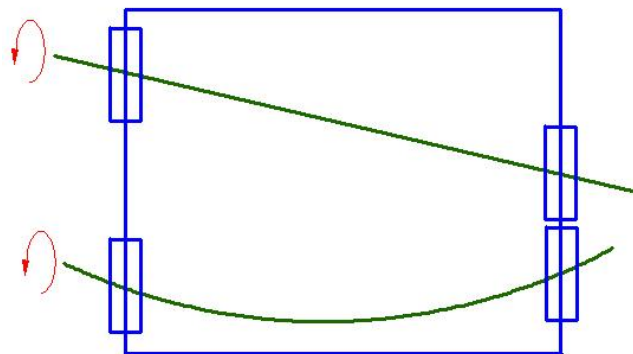
Dvouřadé kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem – přenáší radiální i axiální síly v obou směrech i klopný moment.



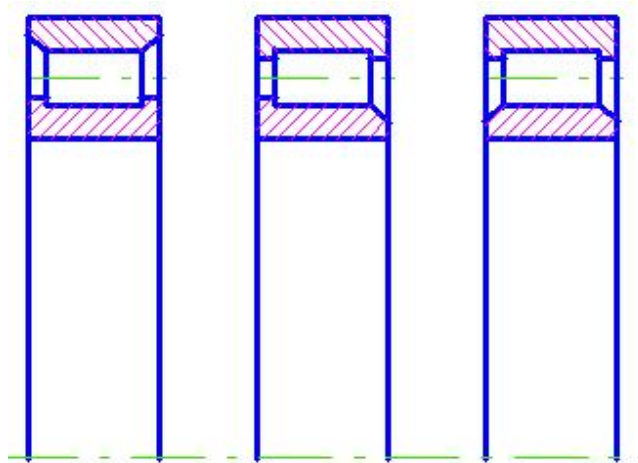
Dvouřadé kuličkové ložisko naklápěcí – jeho hlavní výhodou je, že nevyžaduje přesnou souosou montáž.



Používá se tam, kde není možno zajistit souosost hřídelí s otvory pro ložiska, souosost obou ložisek a u dlouhých hřídelů s velkým průhybem. Využívá se zejména ve svařovaných konstrukcích strojů. Není schopno přenášet axiální síly ani klopné momenty.



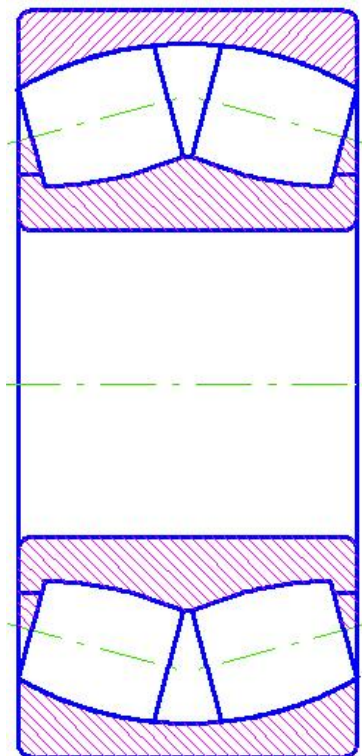
Válečková ložiska



Ani jen z typů válečkových ložisek není schopen přenášet axiální síly! Zato umožňuje axiální pohyb hřídele např. při ohřátí – dilataci hřídelí.

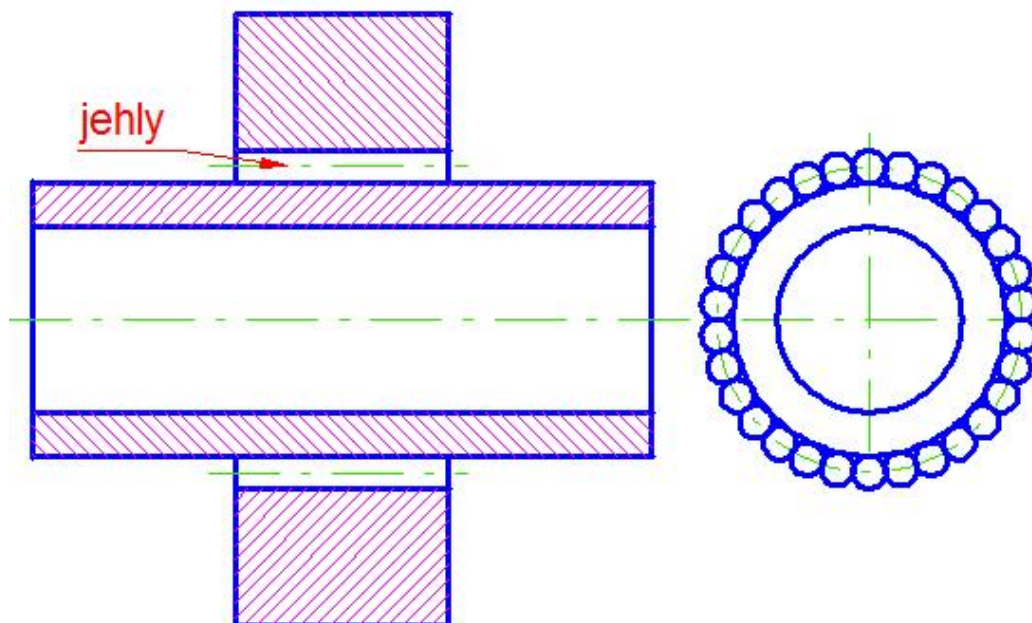
## Soudečkové naklápěcí ložisko

Výhody kuličkových naklápěcích ložisek s vysokou únosností – nápravy nákladních železničních vagónů.



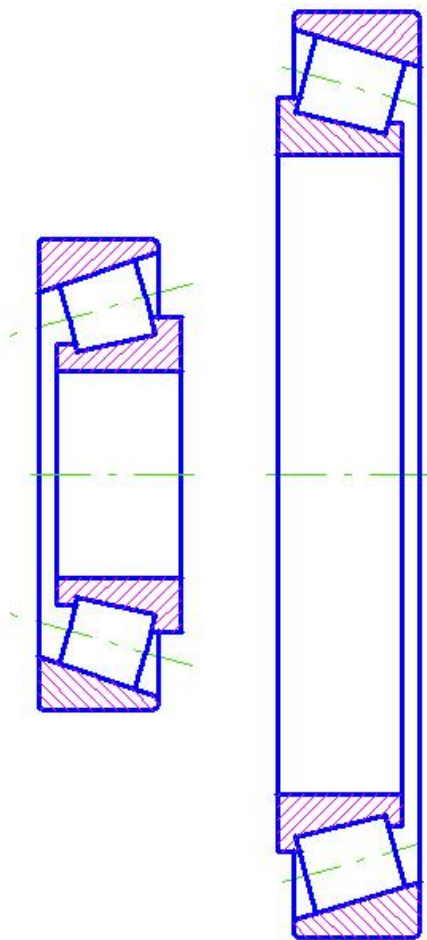
## Jehlová ložiska

Jako valivá tělíska používají dlouhé válečky většinou v kleci, ale hlavně se odvalují přímo po jedné nebo obou otočně uložených součástech. Tedy nemají jeden nebo oba kroužky. Vynikají minimálními rozměry – minimální hmotností s mimořádnou únosností. Stejně jako válečková ložiska nemohou přenášet axiální síly.

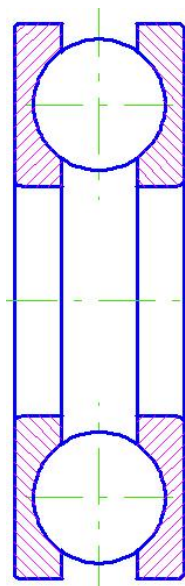


## Kuželíková ložiska

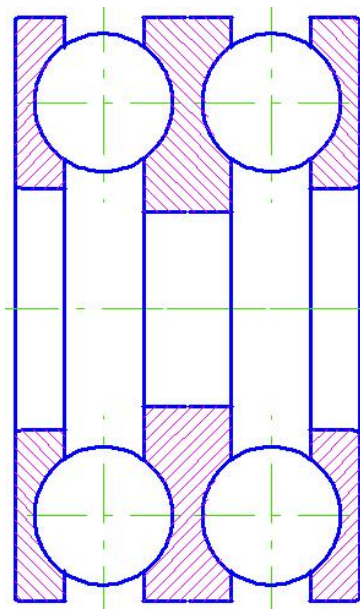
Jsou určena pro přenos velkých radiálních i axiálních sil. Používá se v páru proti sobě s možností seřízení vůlí.



Axiální kuličková ložiska jednosměrná – přenáší výhradně axiální sílu v jednom směru.



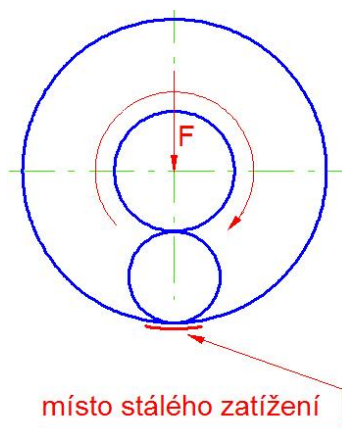
Axiální kuličková ložiska obousměrná – přenáší axiální sílu v obou směrech.



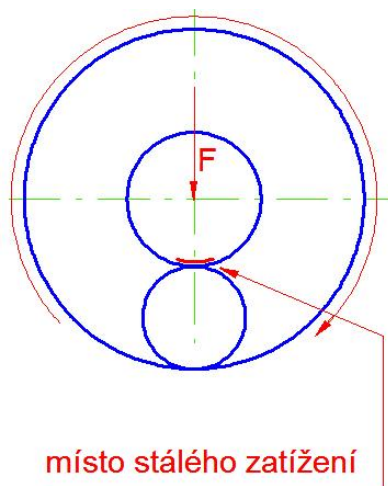
### Zatížení valivých ložisek:

Existují dva základní typy zatížení dané použitím ložisek.

1. Bodové zatížení vnějšího kroužku. Vzniká při otáčení vnitřního kroužku a při zatížení stále stejným směrem.



2. Bodové zatížení vnitřního kroužku – významně snižuje životnost ložiska. Vzniká při otáčení vnějšího kroužku a při zatížení stále stejným směrem.



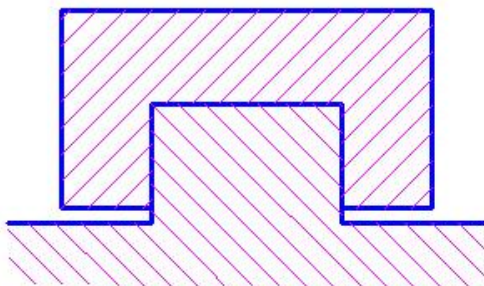
## Vedení:

Umožňuje přímočarý vratný pohyb.

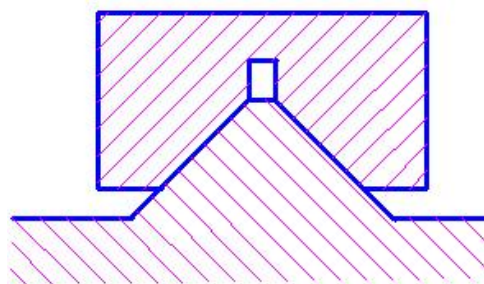
- kluzná

- valivá

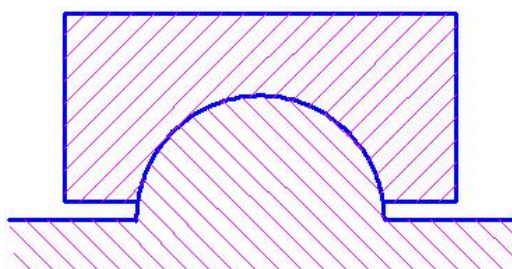
Kluzné ploché vedení



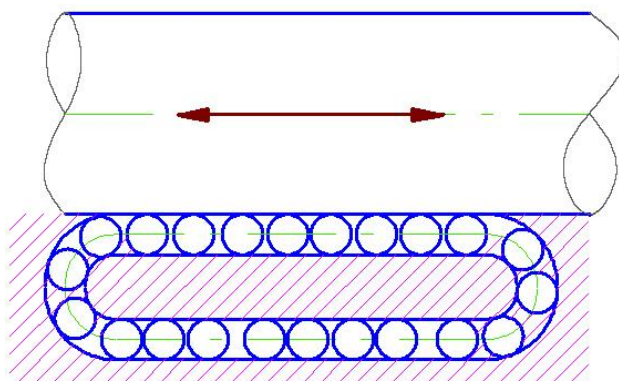
Kluzné klínové vedení



Kluzné oblé vedení



Valivé – kuličkové vedení (kuličkové matice)





### Hřídelové spojky:

Hřídelové spojky spojují dva víceméně souosé hřídele a přenášejí otáčivý pohyb (kroutící moment) z jedné na druhou.

Chyby souososti:

- rovnoběžné osy
- různoběžné osy
- mimoběžné osy

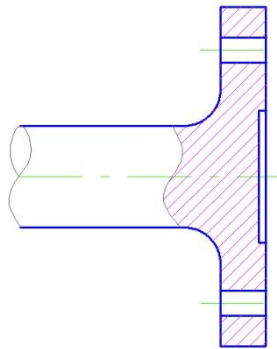
Další vlastnosti hřídelových spojek:

- tlumení rázů
- umožňují rozpojení za chodu
- umožňují vzájemný axiální i radiální pohyb hřídelí
- umožňují plynulý rozběh
- omezují přenášený kroutící moment
- přenáší kroutící moment pouze jedním směrem

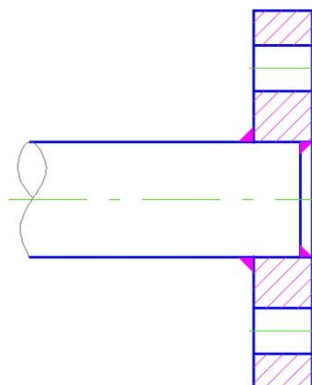
### Pevné spojky:

Slouží k pevnému spojení dvou souosých hřídelí bez žádných přidavných vlastností. Kroutící moment se přenáší tvarovým nebo silovým stykem.

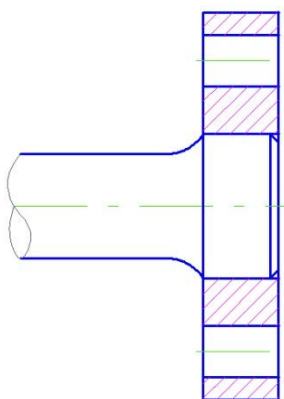
1. Přírubová pevná kovaná – je pevnou součástí hřídele. Používá se pro velké hřídele – velký kroutící moment (propelerové hřídele lodních pohonů).



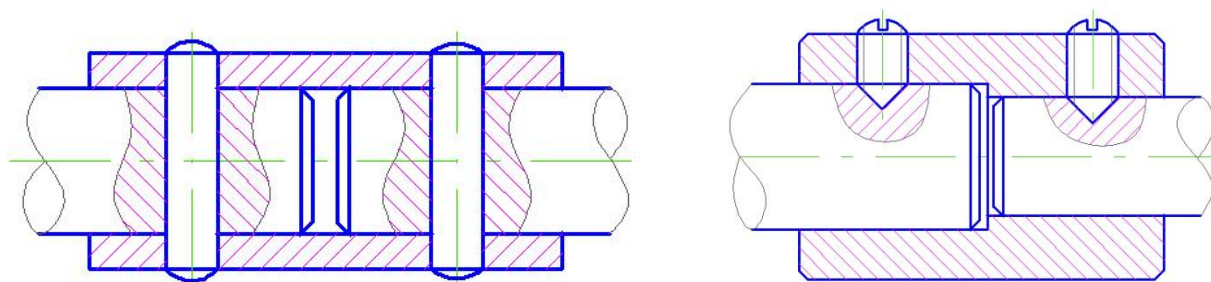
2. Přírubová pevná svařovaná



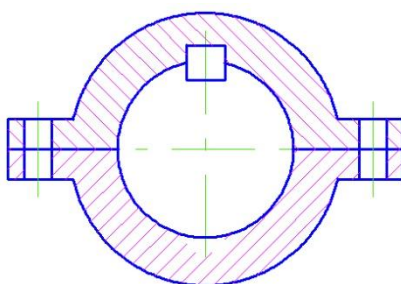
3. Přírubová nalisovaná



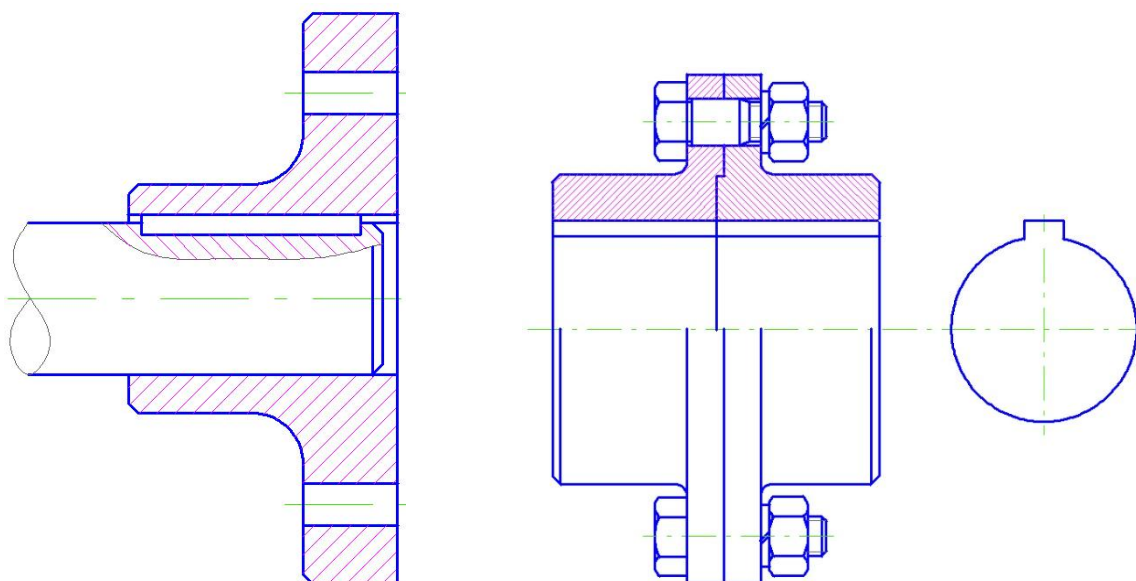
4. Pevná trubková – vyžaduje nutnost odsunutí hřídelí při montáži



5. Pevná korýtková – používá se tam, kde není možno při montáži hřídele odsunout.



6. Pevná kotoučová – nejpoužívanější

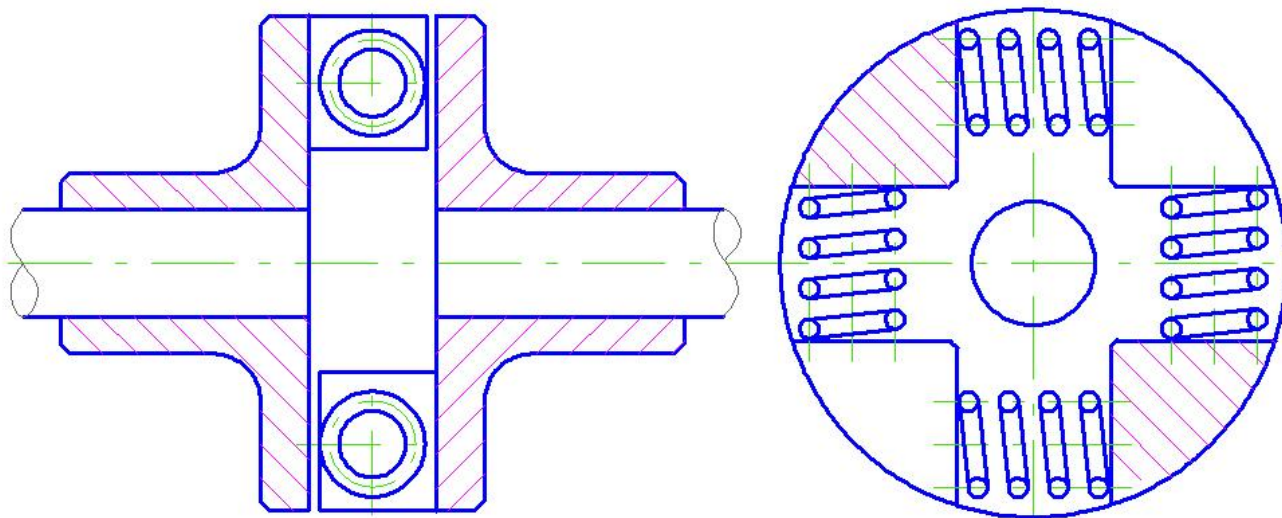


### Pružné spojky:

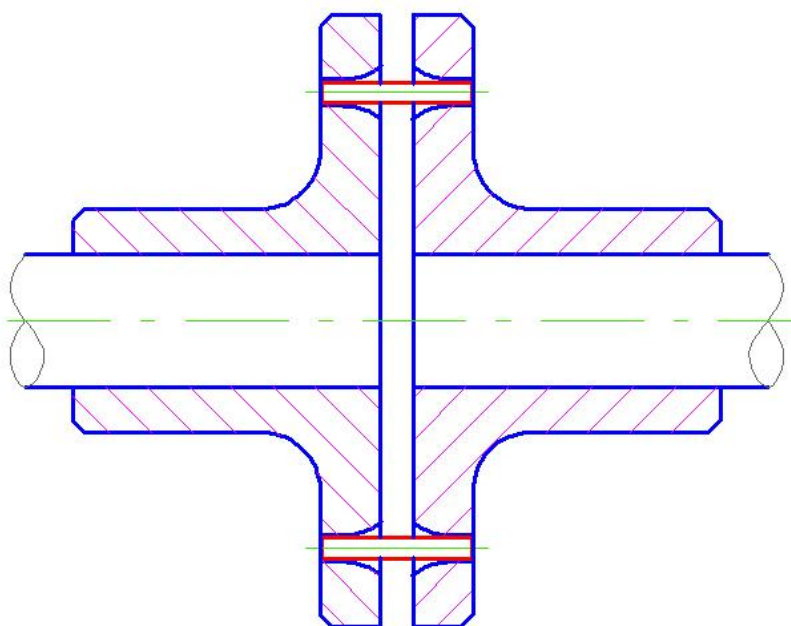
Umožňují tlumení rázů a vibrací.

Pružné spojky s kovovými pružnými elementy:

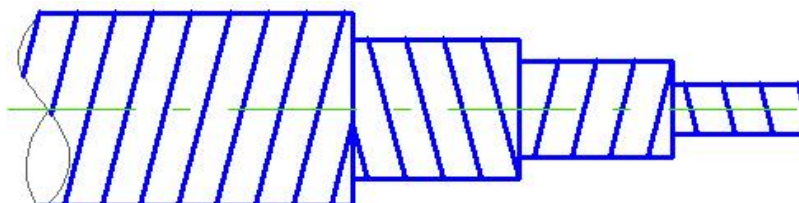
#### 7. Pružná spojka s vinutými pružinami



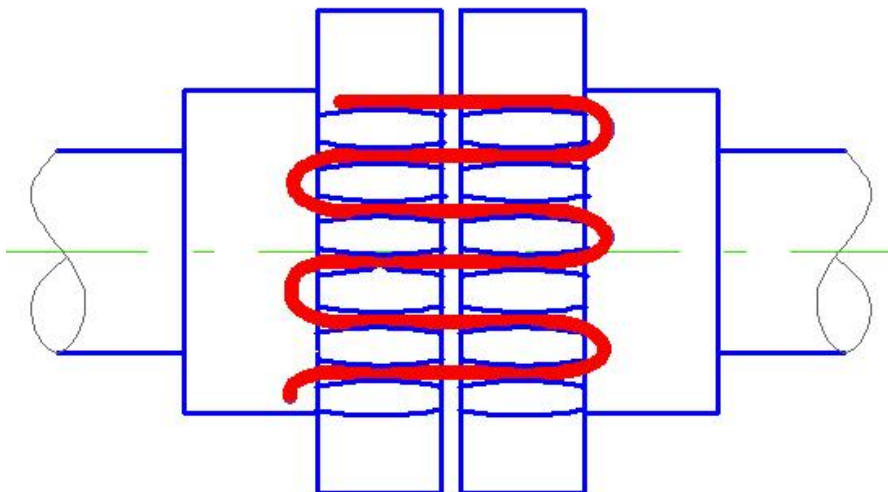
#### 8. Pružná kolíková spojka



#### 9. Mezi pružné spojky patří také pružné hřídele – jsou vytvořeny protisměrným vinutím pružinového drátu.

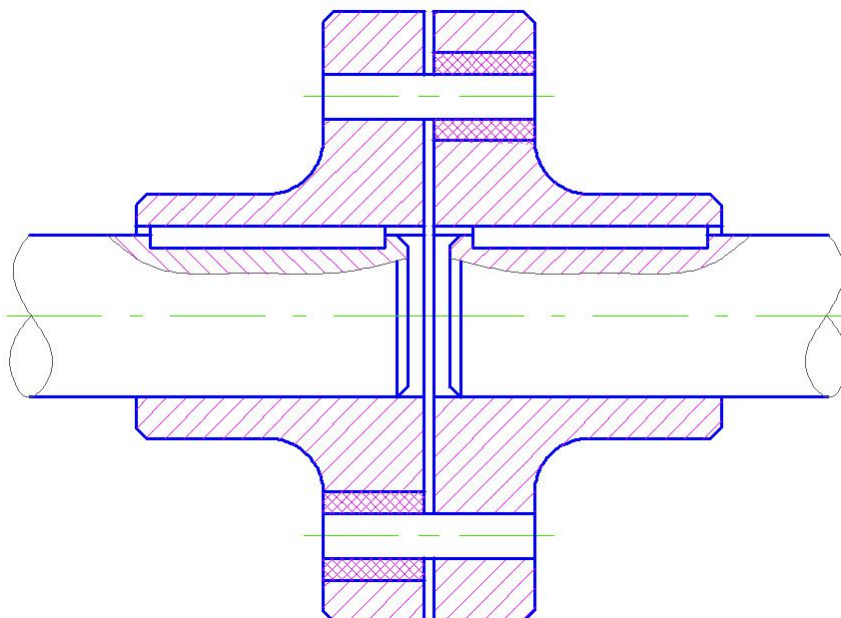


#### 10. Spojka s hadovitou pružinou (BIBI)

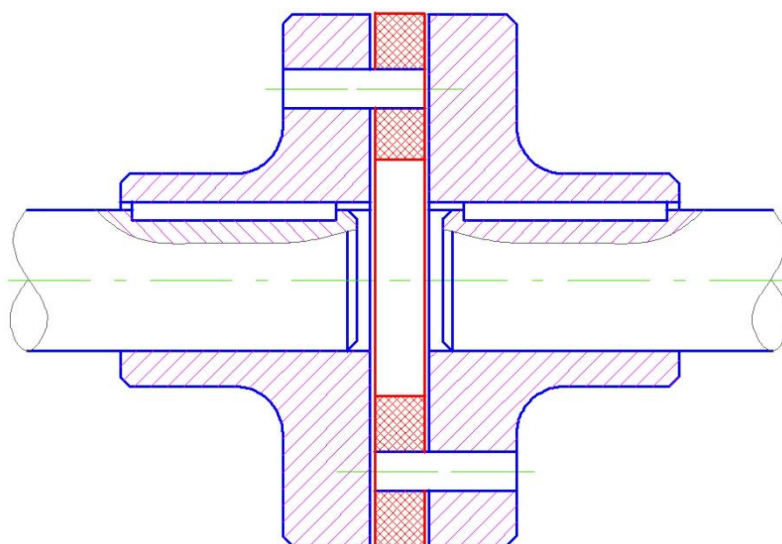


Pružné spojky s pryžovými pružnými elementy:

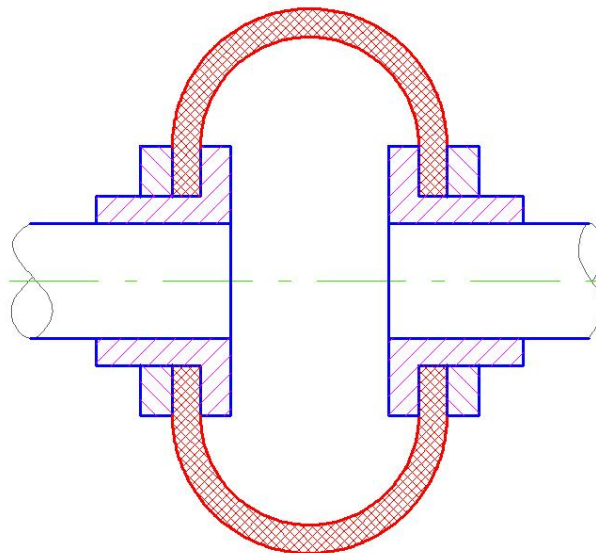
#### 11. Kolíková spojka s pryžovými pouzdry



#### 12. Hardy spojka



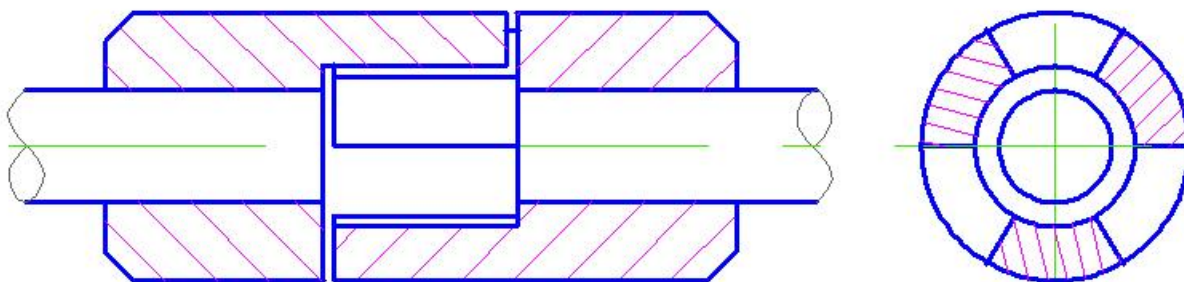
13. Obručová spojka (Periflex)



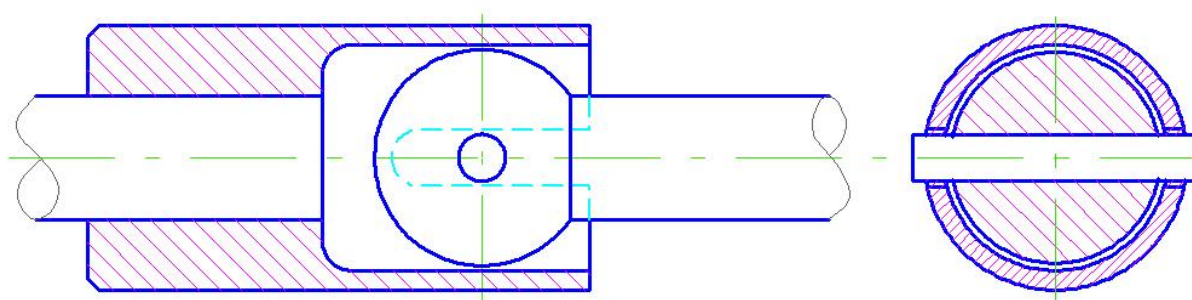
**Vyrovnávací spojky:**

Vyrovnávají nesouosost obou hřídelí nebo jejich vzájemný pohyb.

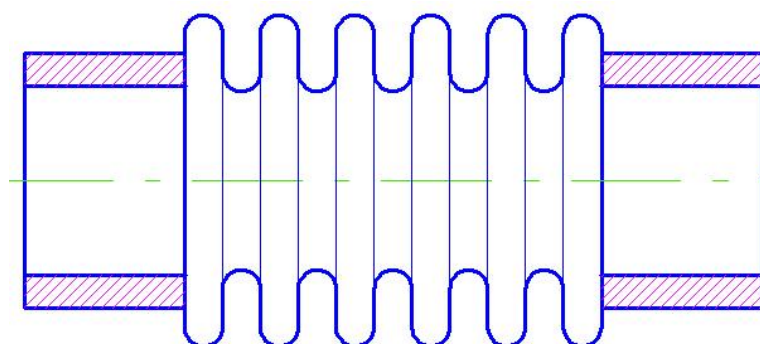
14. Ozubová spojka – axiální pohyb



15. Kolíková vyrovnávací

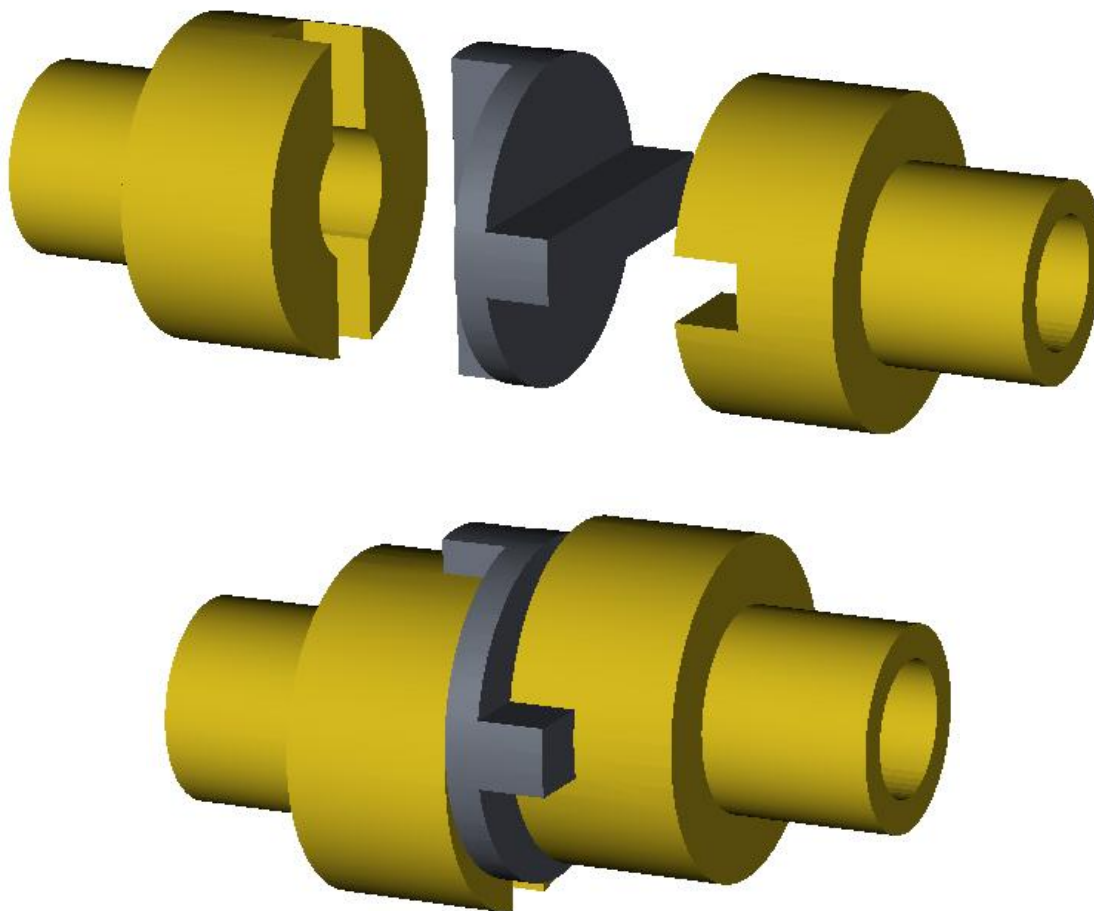


16. Vlnovcová pružná spojka

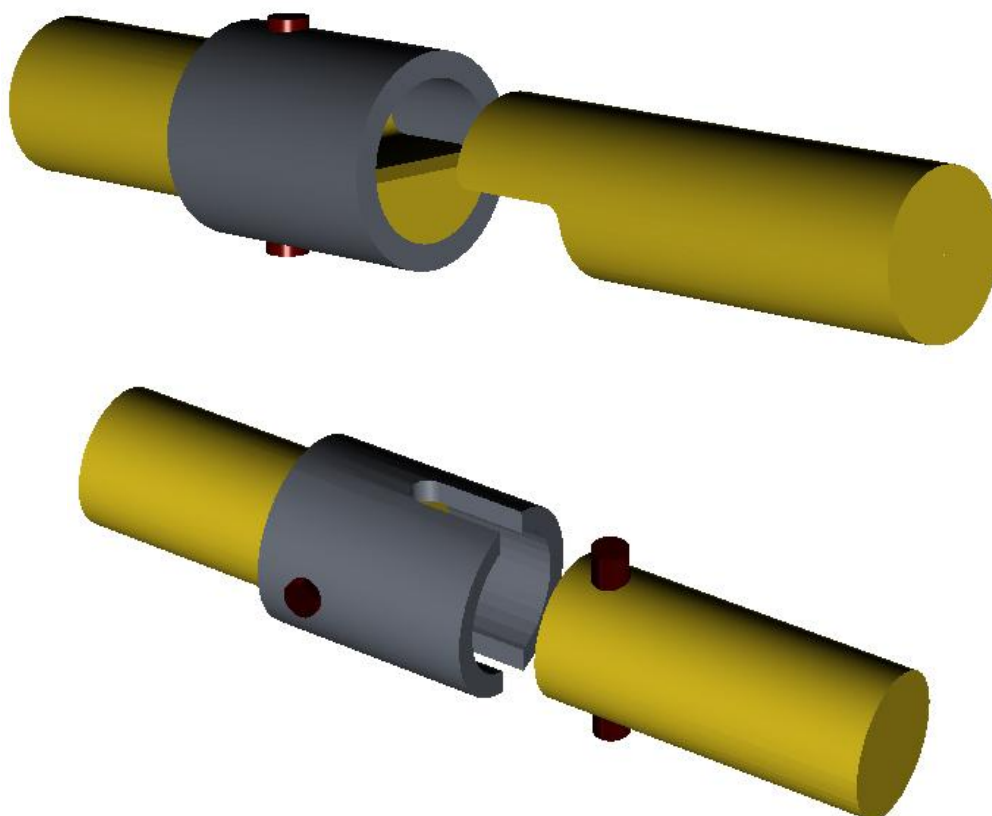




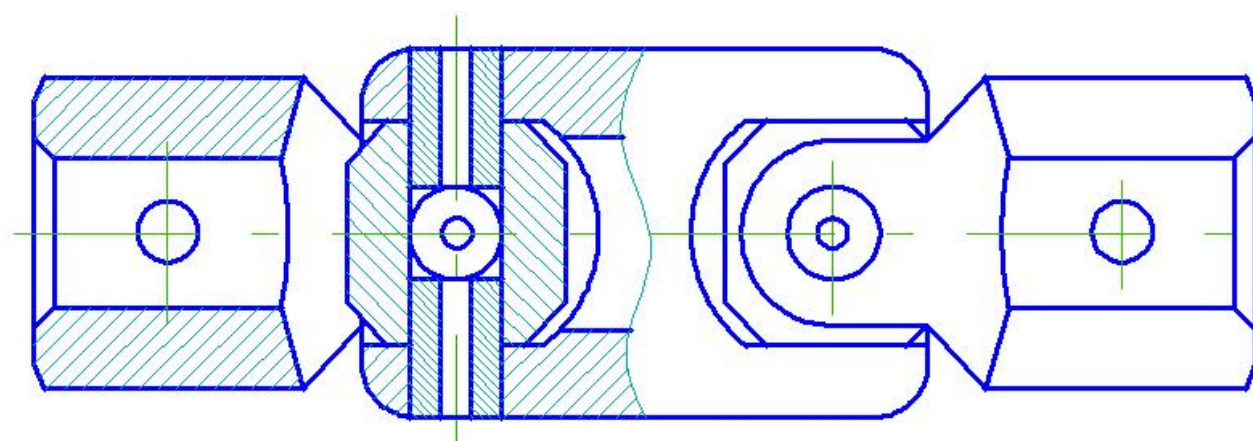
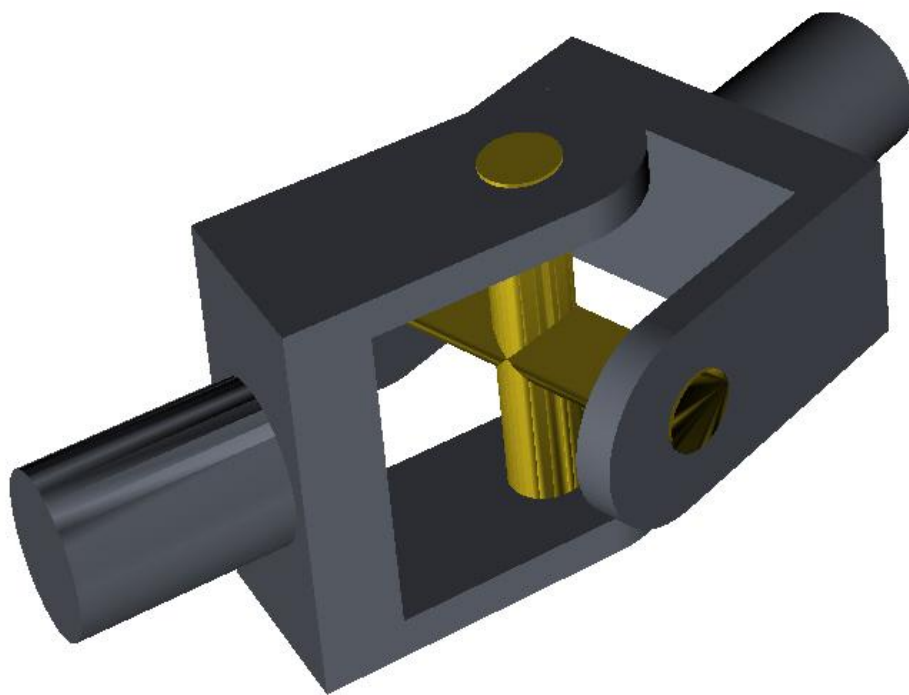
17. Oldhamova vyrovnávací spojka



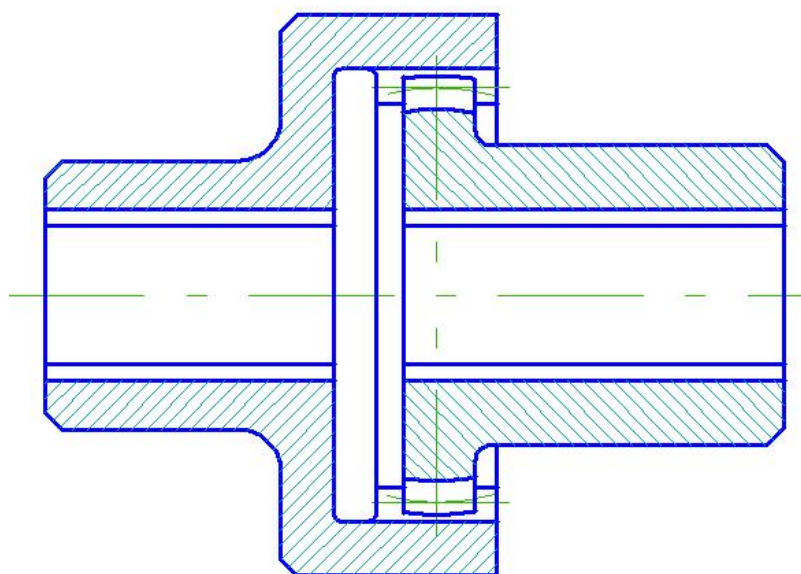
18. Trubková a kolíková vyrovnávací



19. Kardanův kloub (homokinetický)– způsobuje nepravidelný chod, proto se používají ve dvojici (odstraňuje cukání).



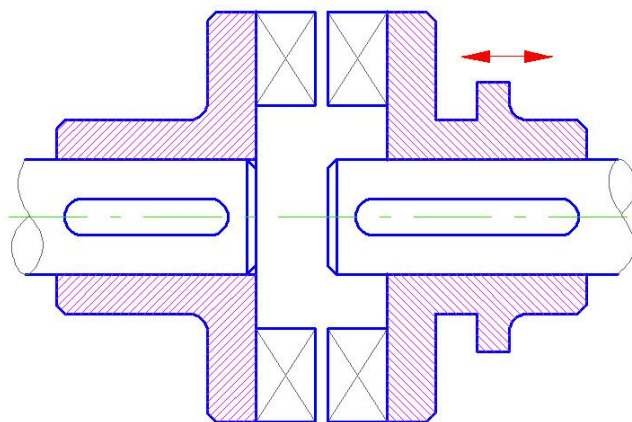
20. Úhlová axiální spojka



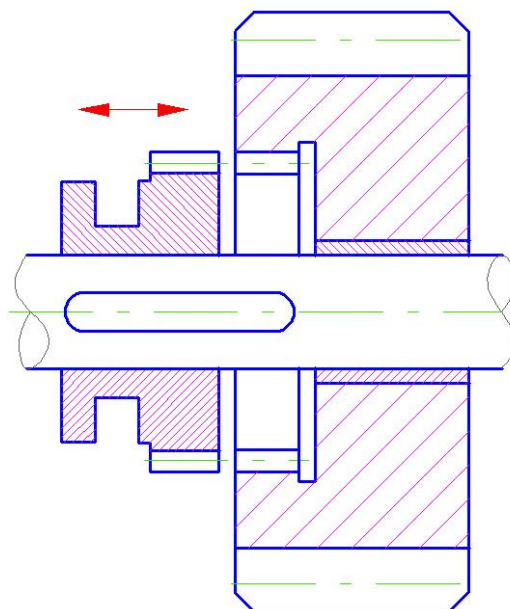
### Výsuvné spojky:

Umožňují rozpojení hřídelí za klidu.

#### 21. Výsuvná zubová spojka s čelními zuby



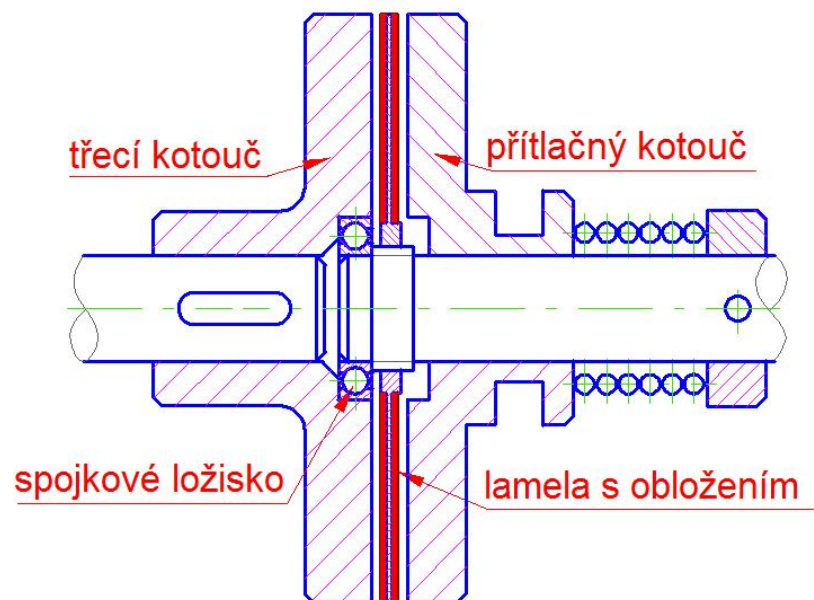
#### 1. Výsuvná zubová spojka s radiálními zuby (s evolventním drážkováním)



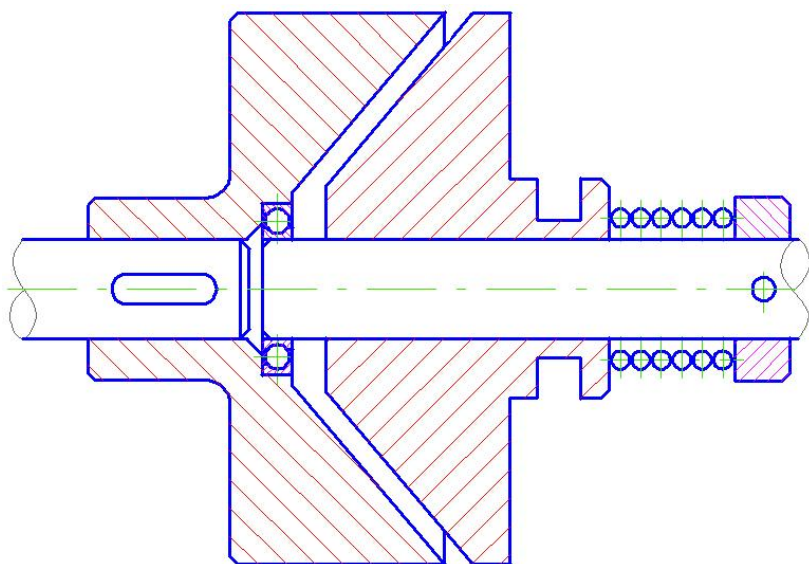
### Třecí spojky:

Umožňují plynulý rozběh hnaného hřídele i rozpojení za provozu.

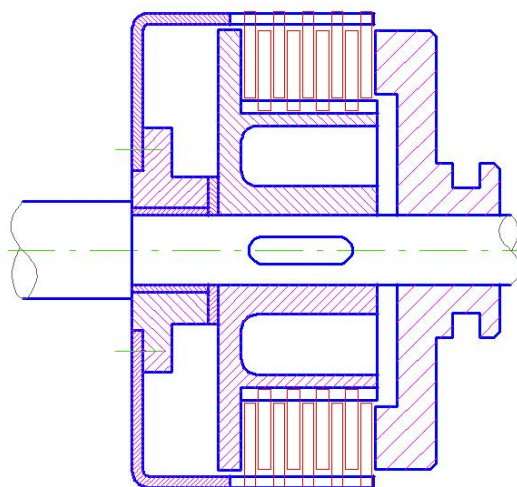
#### 2. Třecí lamelová spojka



### 3. Třecí spojka kuželová



### 4. Třecí spojka vícelamelová

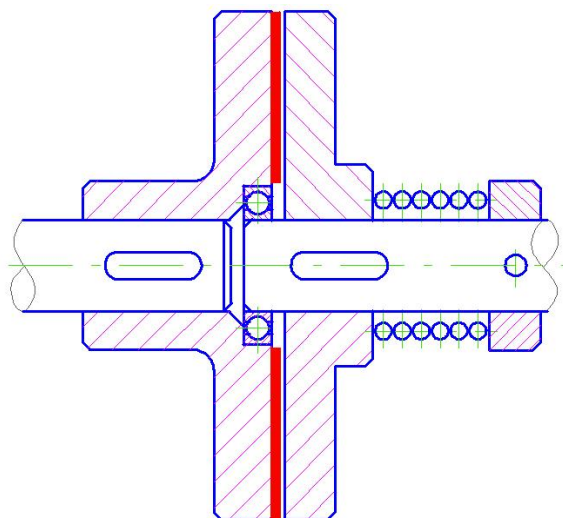


**Rozběhové spojky:**

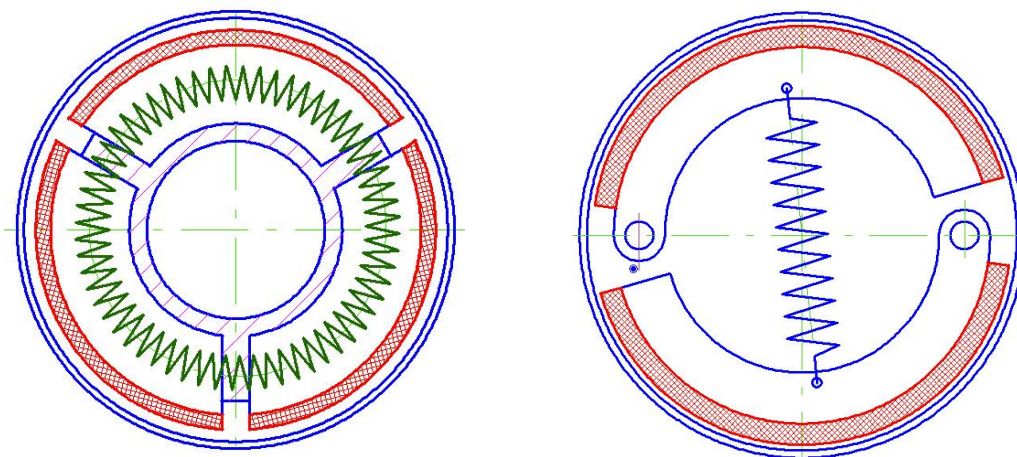


Umožňují automatický plynulý rozběh hnaného hřídele. Používají jako zdroj přitlačné síly buď pružinu nebo odstředivou sílu.

#### 5. Rozběhová třecí spojka

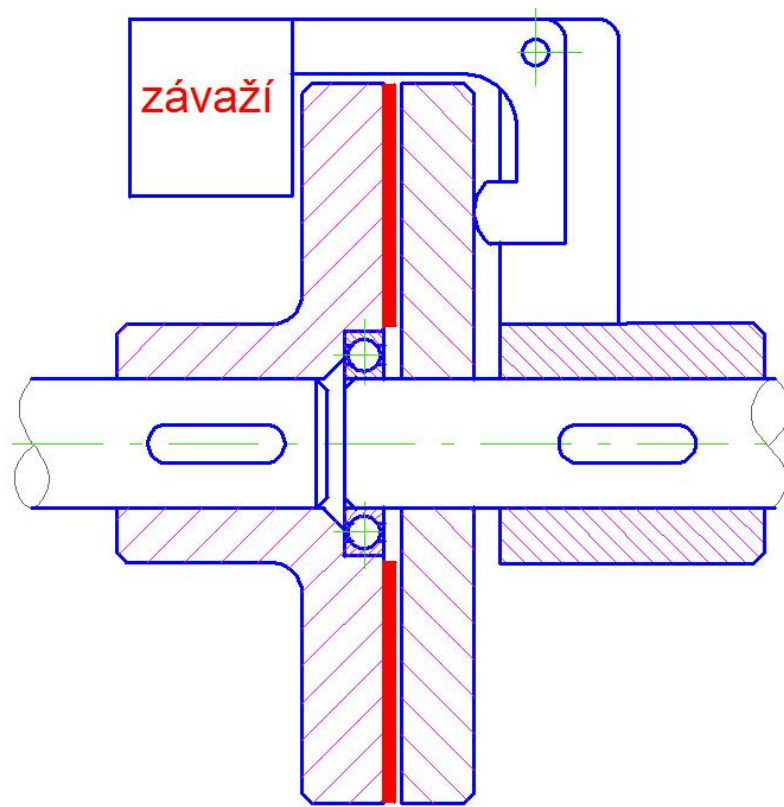


#### 6. Rozběhová odstředivá segmentová a čelistová

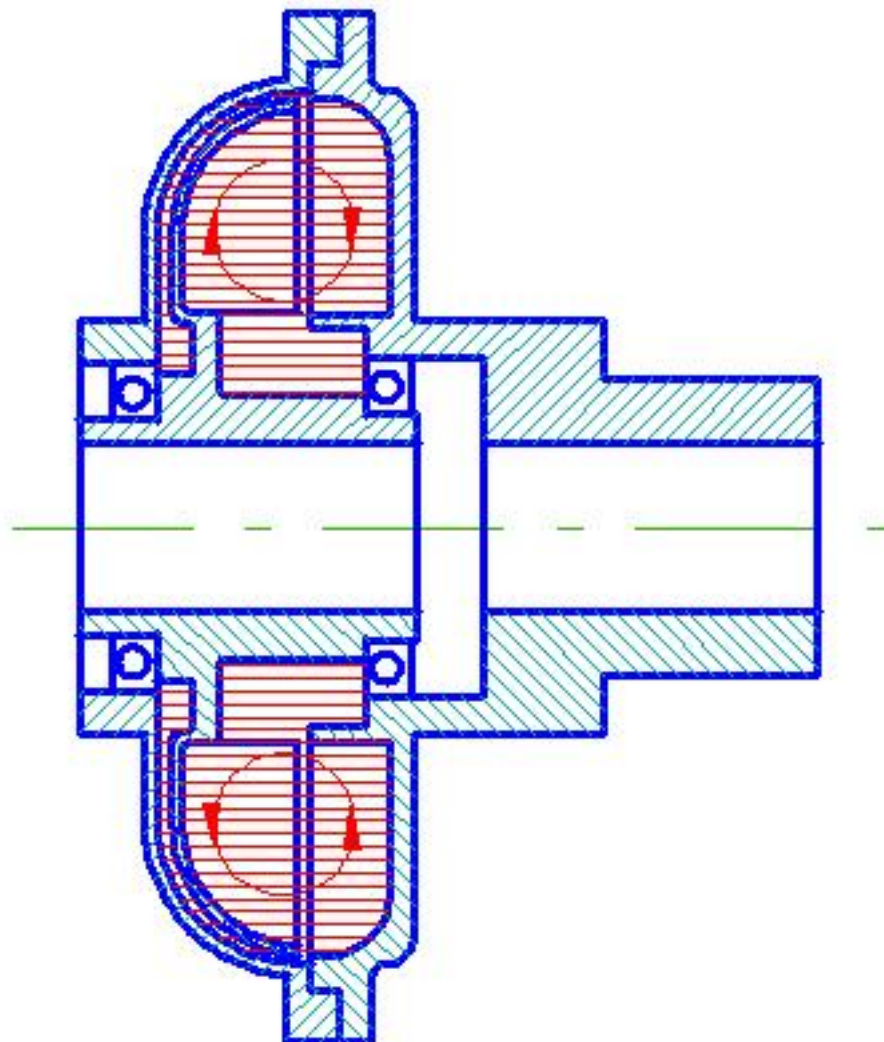


#### 7. Rozběhová závažová spojka – pomocí pákového převodu má zvýšenou přitlačovací sílu





8. Kapalinová rozběhová spojka



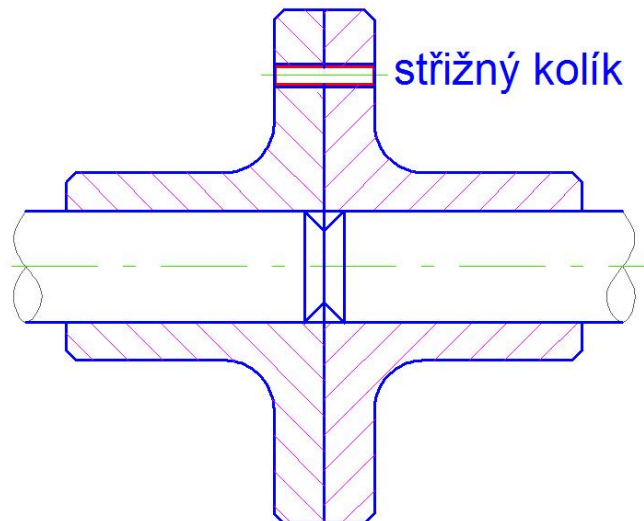
## Pojistné (bezpečnostní) spojky:

Omezuje přenášená kroutící moment

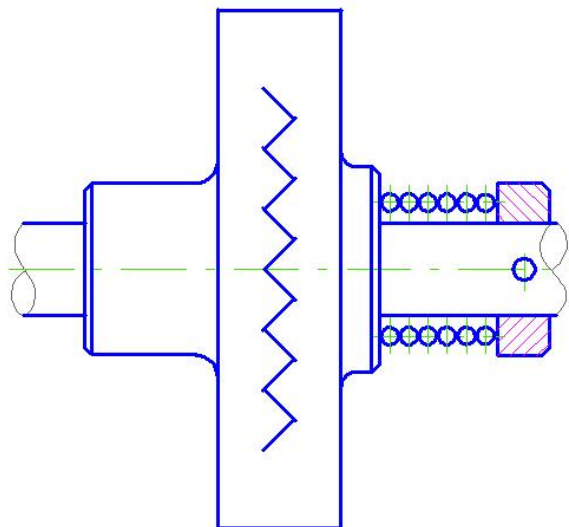
- destruktivní (střižný kolík)

- nedestruktivní

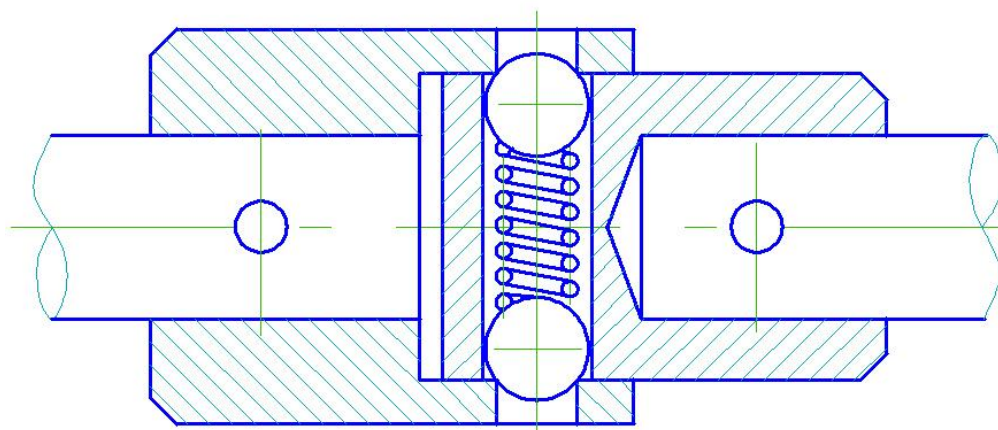
### 9. střižná spojka



### 10. Zubová pojistná spojka obousměrná



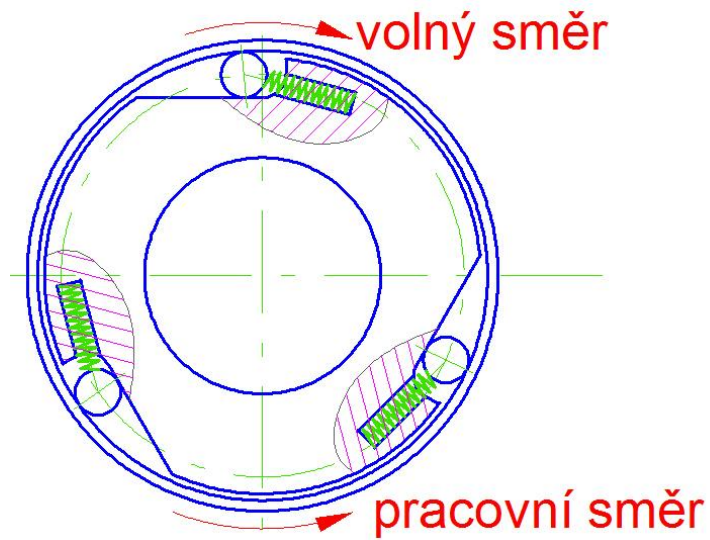
### 11. Kuličková pojistná



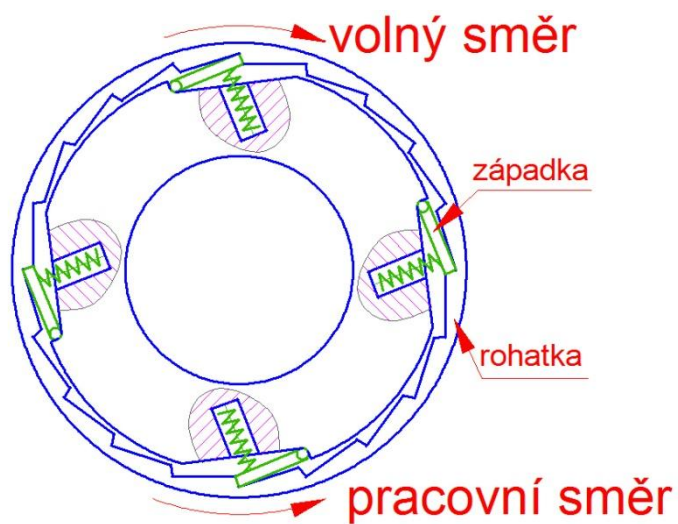
## Jednosměrné spojky:

Přenáší kroutící moment pouze jedním směrem.

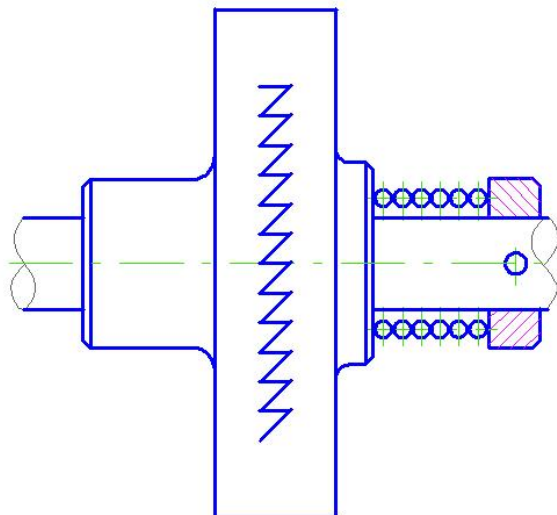
### 12. Válečková volnoběžka



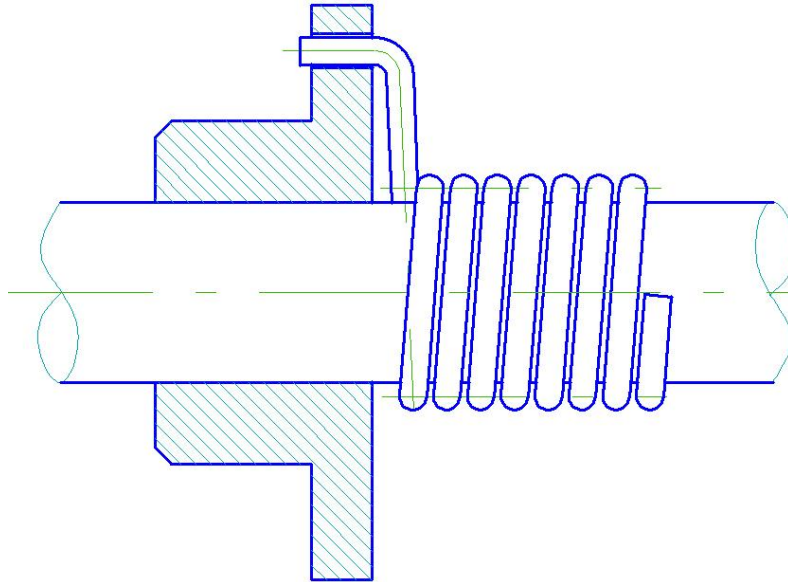
### 13. Rohatková volnoběžka



### 14. Zubová jednosměrná spojka



15. Schwarzova spojka – pracuje na principu opaskového (vláknového) tření mezi pružinou a hřídelem



**Hřídelové brzdy:**

Slouží k zastavení otáčení hřídele.

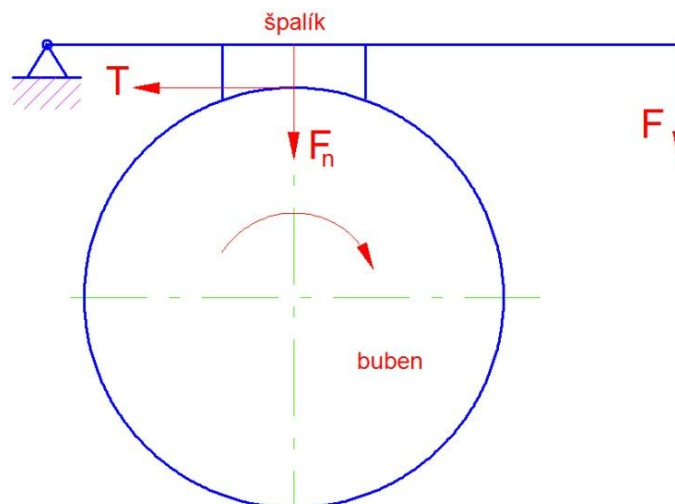
- Typy:
- mechanické
  - proudové (hydrodynamické)
  - elektromagnetické

- Mechanické brzdy:
- čelistové
  - kotoučové
  - pásové
  - lamelové

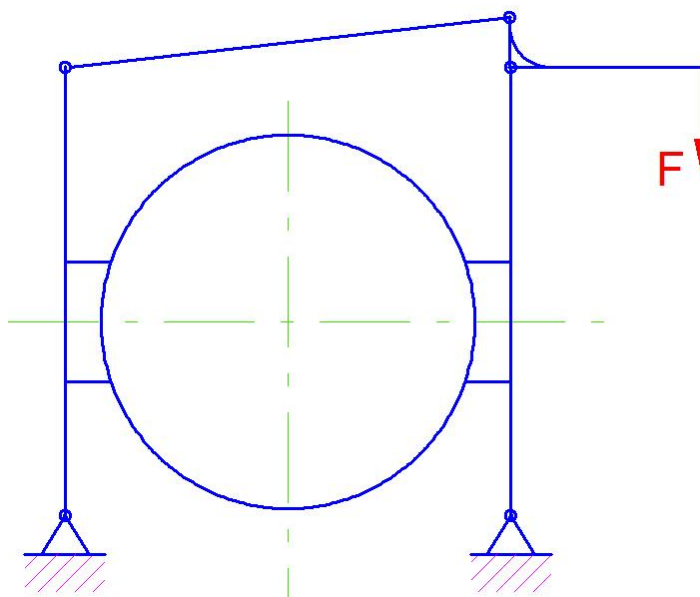
**Čelistové brzdy (špalíkové):**

Brzdící účinek se odehrává mezi čelistí (špalíkem) a vnější válcovou plochou brzdícího bubnu.

1. Jednočelistová (jednošpalíková) brzda

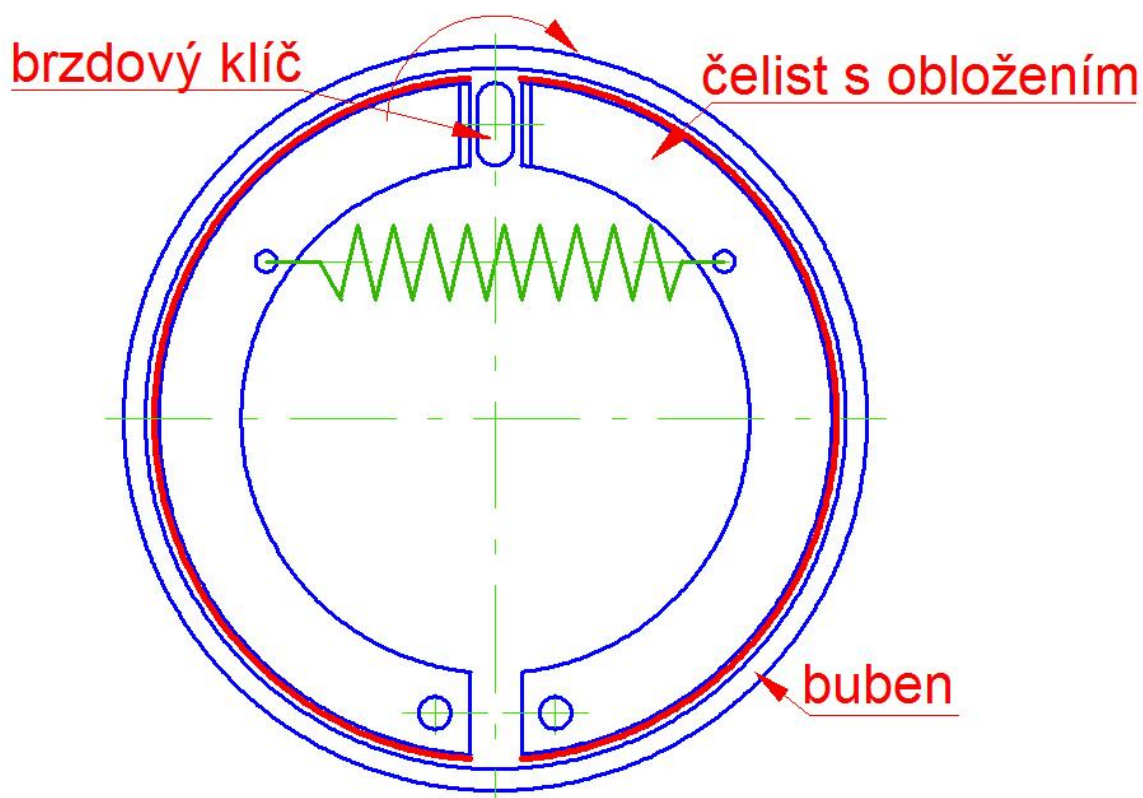


2. Dvoučelistová brzda – používá se u výtahů, železničních vagónů



3. Bubnová brzda

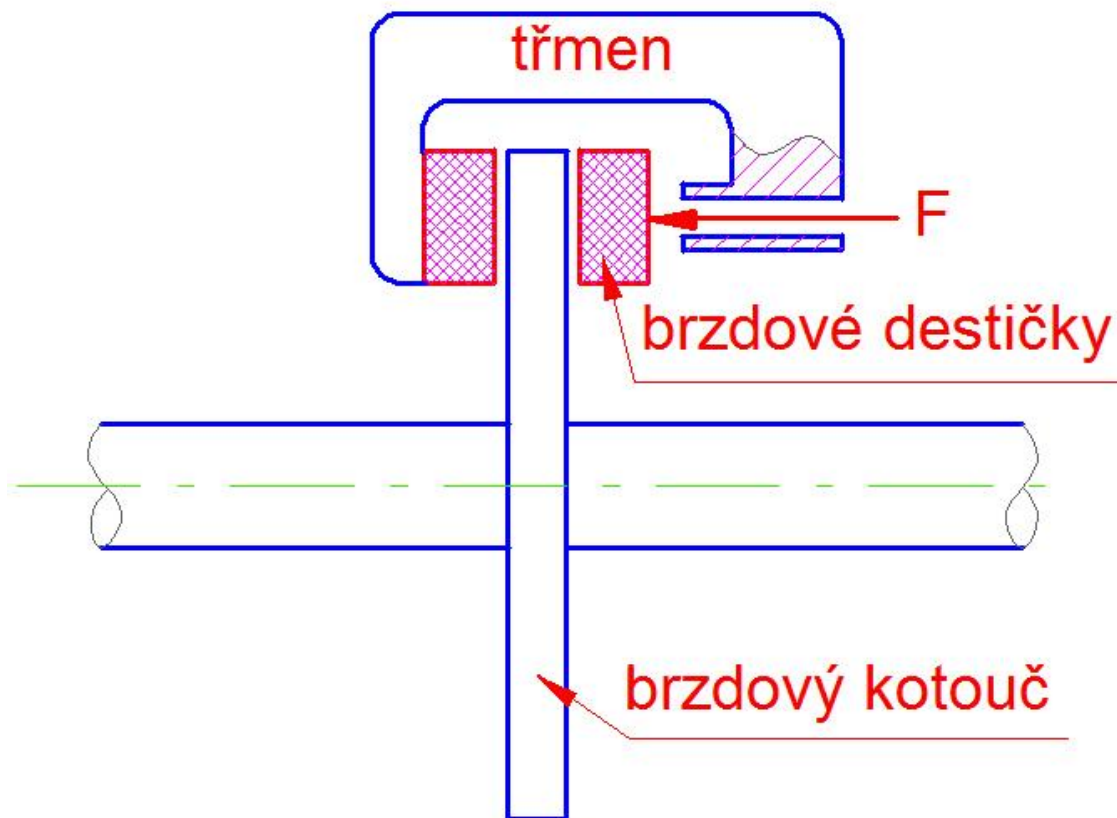
Brzdový účinek se odehrává mezi čelistí a vnitřní válcovou plochou brzdícího bubnu.



4. Kotoučové brzdy

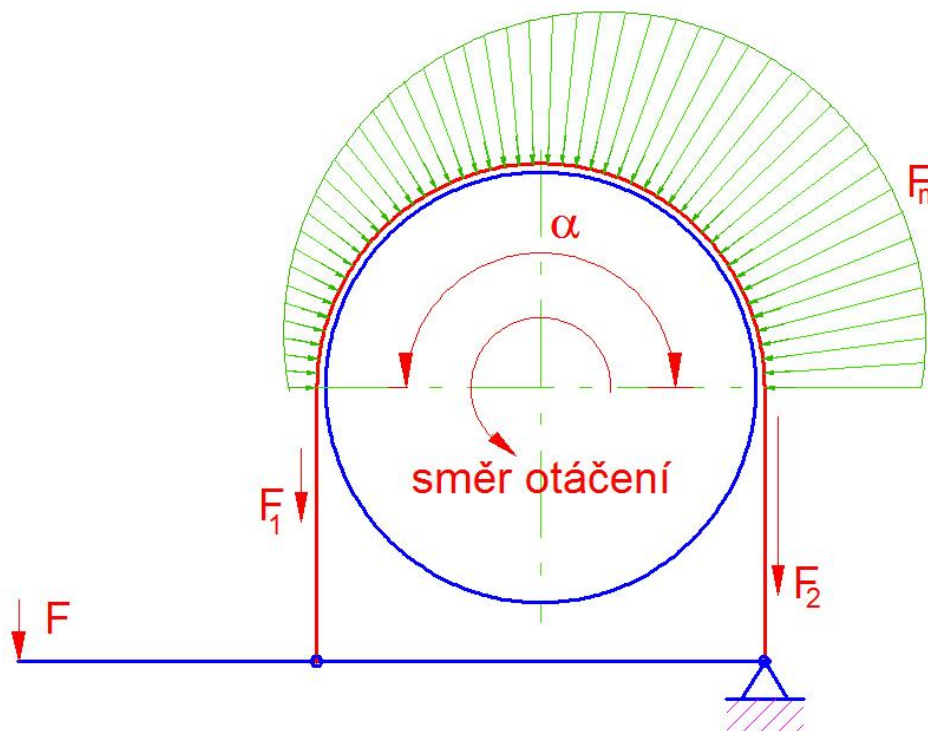
Brzdový účinek se odehrává mezi brzdícími špalíky a bočními plochami tenkého brzdícího kotouče. Vynikají velkou účinností při velmi malém zdvihu brzdových destiček.





## 5. Pásové brzdy

Brzdný účinek se odehrává mezi napnutým brzdícím pásem a vnější válcovou plochou brzdového bubnu. Tento druh tření je zvláštním případem smykového tření. Normálová síla přitlačující pás k bubnu se zvětšuje bezděky za pomoci třecí síly. Ta je o to větší čím větší je normálová síla. A tak normálová síla roste podél styku pásu s bubnem. Tomuto tření se říká opaskové (vláknové) tření.



Síla na volném konci brzdícího pásu se vypočte podle Eulerova vztahu:  $F_2 = F_1 \cdot e^{\alpha f}$ ,



kde  $\alpha$  je tzv. úhel opásání a  $f$  je součinitel tření. Síla  $F_2$  je podstatně větší než síla  $F_1$  a proto tyto brzdy mají velkou účinnost pouze v jednom směru otáčení. V opačném směru je jejich účinnost nepatrná!!!

Používají se např. u jeřábů, kolotočů (jsou zatíženy stejným směrem).

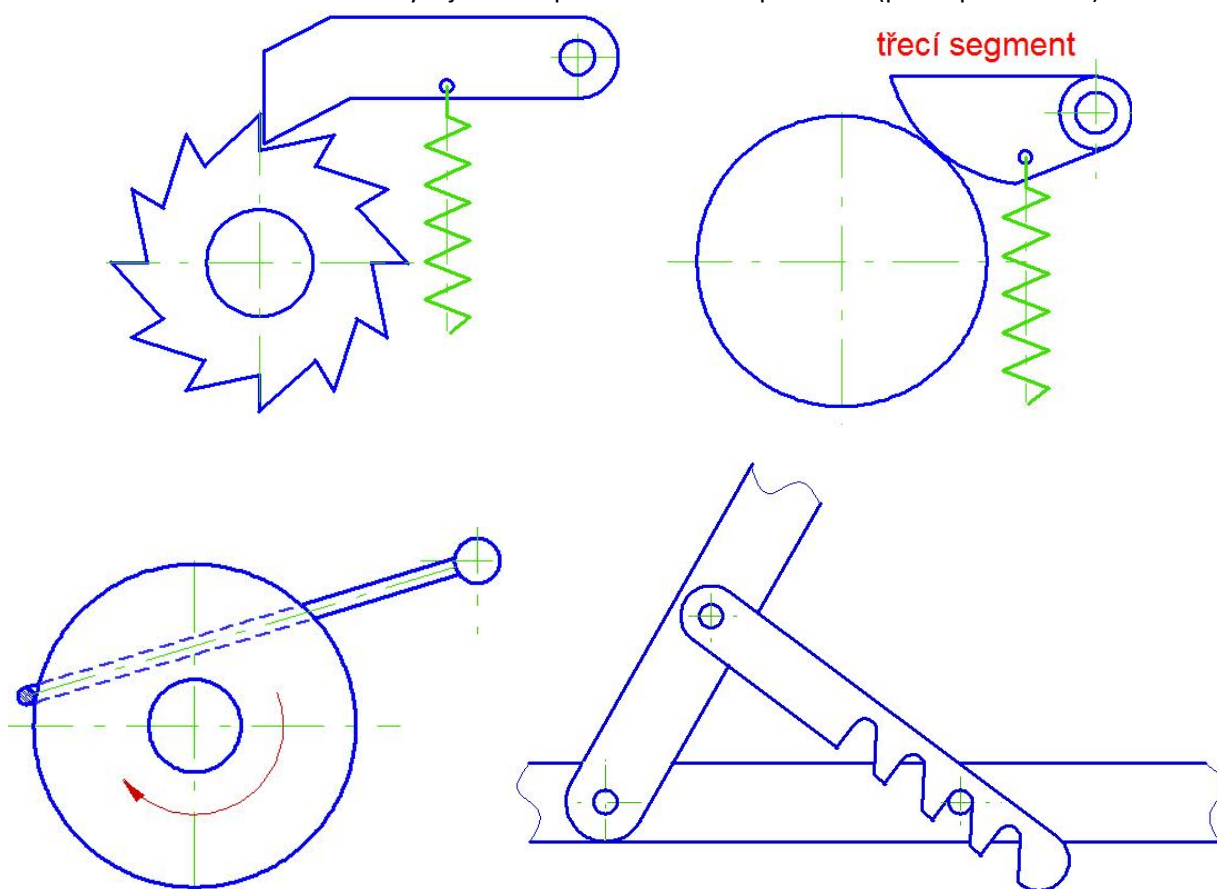
## 6. Lamelové brzdy

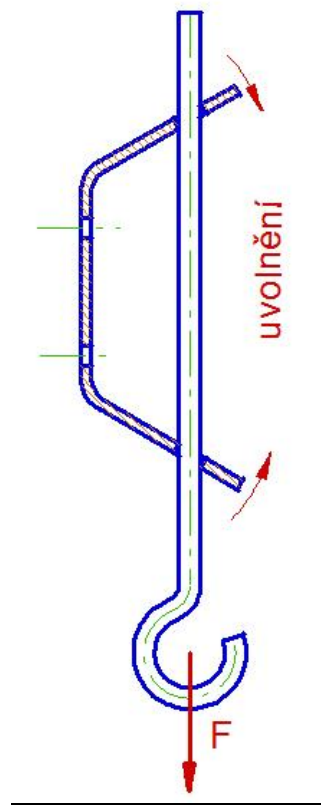
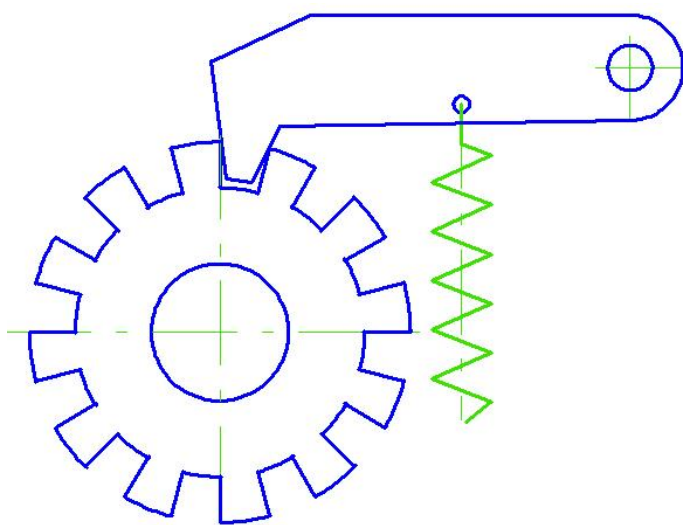
Funkce konstrukce této brzdy je stejná jako u více lamelové hřídelové spojky. Používají se u obráběcích strojů.

### Zdrže:

Jejich úkolem je zadržet hřídel v klidu, zamezují nežádoucímu pohybu ústrojí.

- Typy:
- jednosměrná zubová (rohatková) – zachycuje hřídel pouze v několika polohách (podle počtu zubů)
  - jednosměrná třecí – zachycuje hřídel v libovolné poloze
  - obousměrná zubová – zachycuje hřídel pouze v několika polohách (podle počtu zubů)



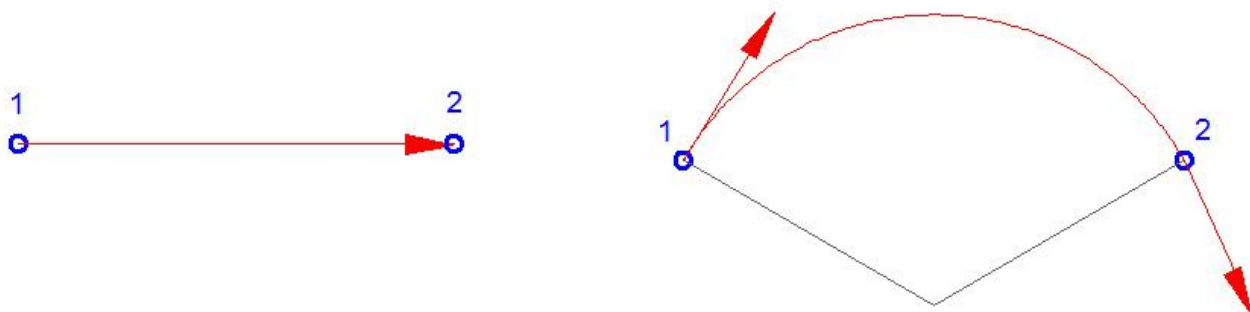


**MECHANIZMY:**

Mechanismy jsou součástí každého stroje. Jejich úkolem je převést jeden druh pohybu na druhý, změnit rychlost pohybu, smysl, polohu....

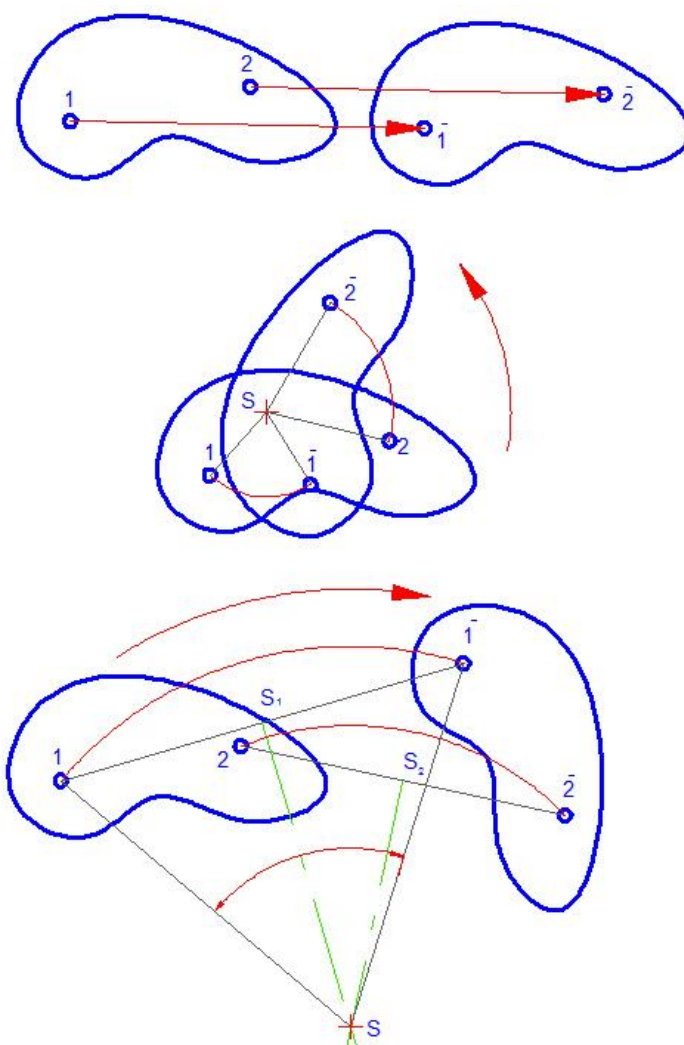
### Pohyb bodu v rovině:

- přímočarý
- po kružnici (pohyb po křivce je složen z pohybů po kruhových obloucích)
- obecný je složen z pohybu po jednotlivých kruhových obloucích

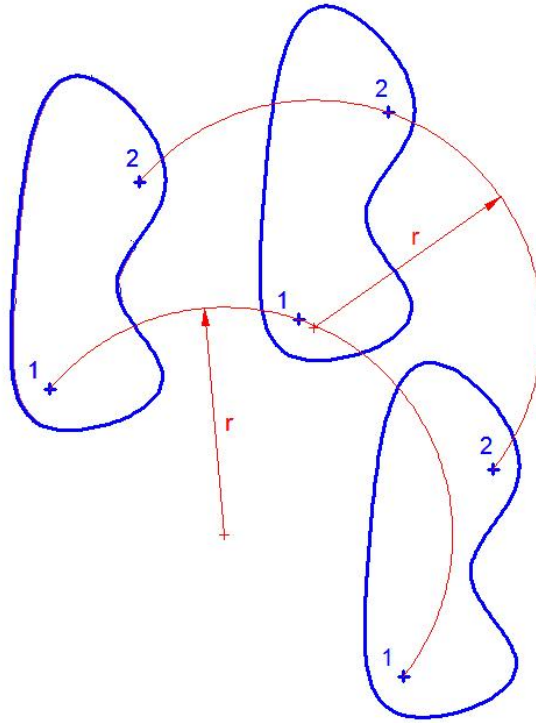


### Pohyb tělesa v rovině:

- [illegible]



Kruhový (spirálový nebo cykloidní) pohyb je speciálním případem posuvného pohybu.



#### Rozdělení mechanismů:

- s pevnými prvky
- tekutinové
- tříčlenné mechanismy
- čtyřčlenné mechanismy
- využívající tvarový styk
- využívající silový styk (tření)
- mechanické převody
- kinematické – vodící
- pneumatické
- hydraulické

#### Mechanické převody:

Převody přenášejí kroutící moment z jedné hřídele na druhý při event. měnění úhlové rychlosti nebo smyslu otáčení. Patří mezi tříčlenné mechanismy. Každý převod obsahuje vstupní a výstupní hřídel a pevný rám zajišťující jejich vzájemnou polohu.

Typy:

- třecí
- řemenové
- řetězové
- ozubené

Podle vzájemné polohy obou hřídelí:

- rovnoběžné
- různoběžné
- mimoběžné

Převodový poměr:  $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_{k2}}{M_{k1}}$  index 1 = hnací hřídel, 2 = hnaný hřídel

Pokud je hodnota  $i$  menší jak 1 mluvíme o převodu do pomalu, pokud je větší jak 1 do rychla.

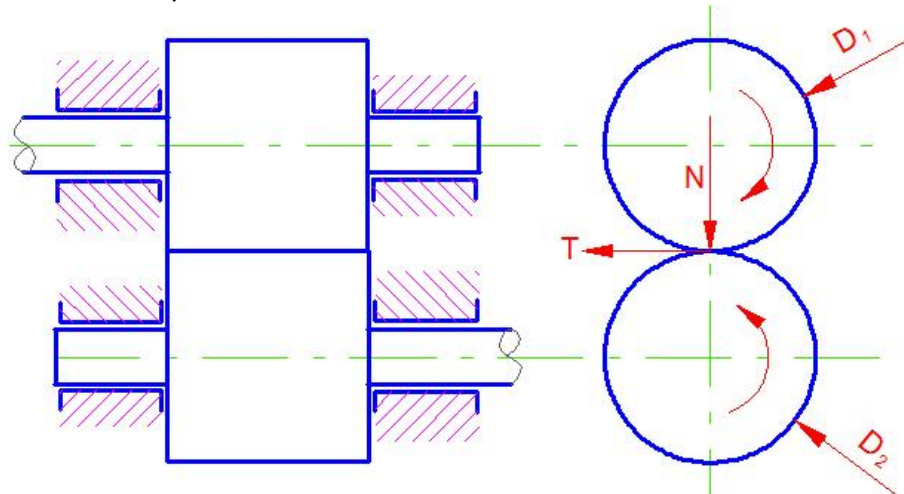
#### Třecí převody

Přenášejí otáčivý pohyb mezi dvěma hřídeli prostřednictvím tření mezi dvěma rotačními tělesy. Silový styk obou částí převodu vyžaduje normálovou sílu, která je podmínkou pro vznik třecí síly.

Třecí převod nepatří mezi přesné převody, protože dochází k tzv. prokluzu. Výsledkem je však plynulý převod bez vznikajících kmitů.

Používá se pro malé výkony a krátkodobý chod, případně vyžaduje chlazení. Prokluz vytváří ztrátu, která snižuje účinnost převodu, způsobuje zahřívání a opotřebení.

### 1. Třecí převod s čelními koly



Převodový poměr v nezatíženém stavu:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

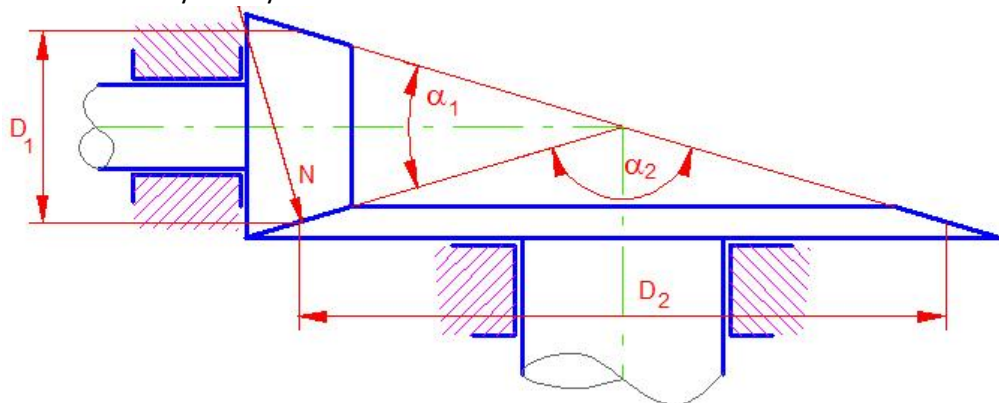
Převodový poměr v zatíženém stavu:

$$i = \frac{n_1}{n_2 \cdot \varphi} = \frac{D_2}{D_1 \cdot \varphi} \quad \text{kde } \varphi \text{ je skluz, hodnota menší jak 1.}$$

Přenášený výkon:

$$P = M_k \cdot \omega_2 = T \frac{D_2}{2} \cdot \frac{2\pi n_2}{60} = \frac{N f D_2 n_2}{60} [W]$$

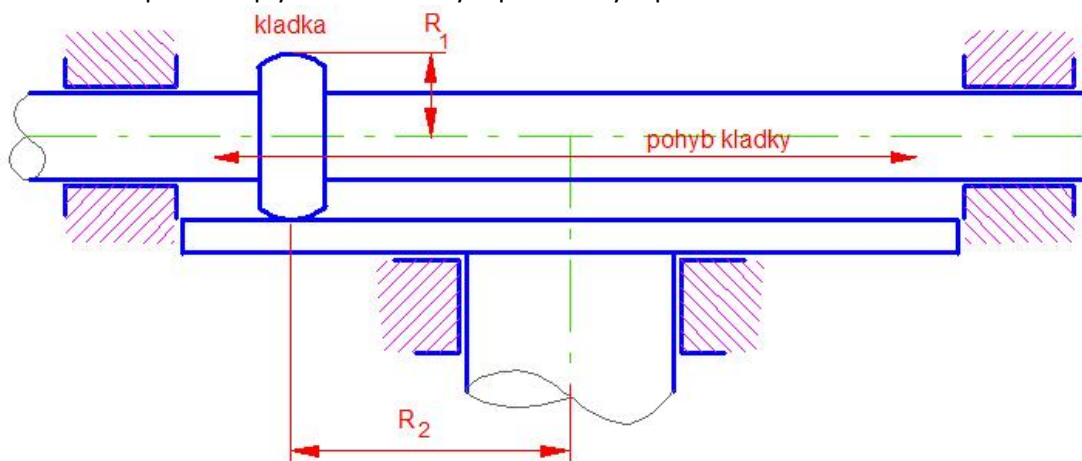
### 2. Třecí převod s kuželovými koly:



$$i = \frac{n_1}{n_2 \cdot \varphi} = \frac{D_2}{D_1 \cdot \varphi} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 \cdot \varphi}$$

Normálová (přítlačná) síla je šikmá k osám hřídelí a namáhá ložiska v radiálním i axiálním směru.

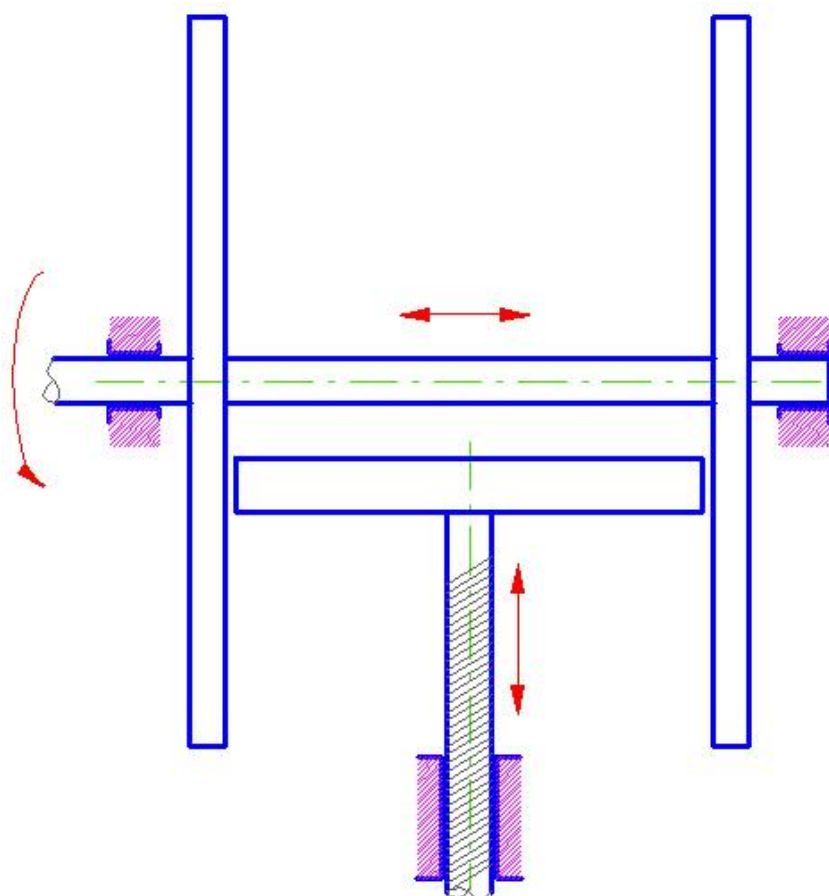
### 3. Třecí variátor – převod s plynule měnitelným převodovým poměrem



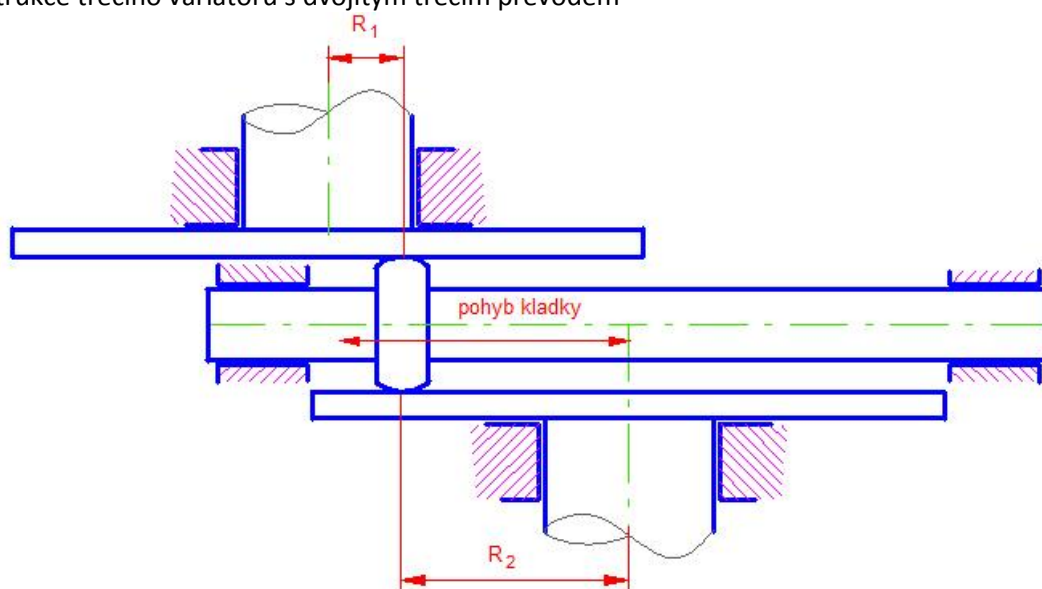
$$i = \frac{n_1}{n_2 \cdot \varphi} = \frac{R_2}{R_1 \cdot \varphi}$$

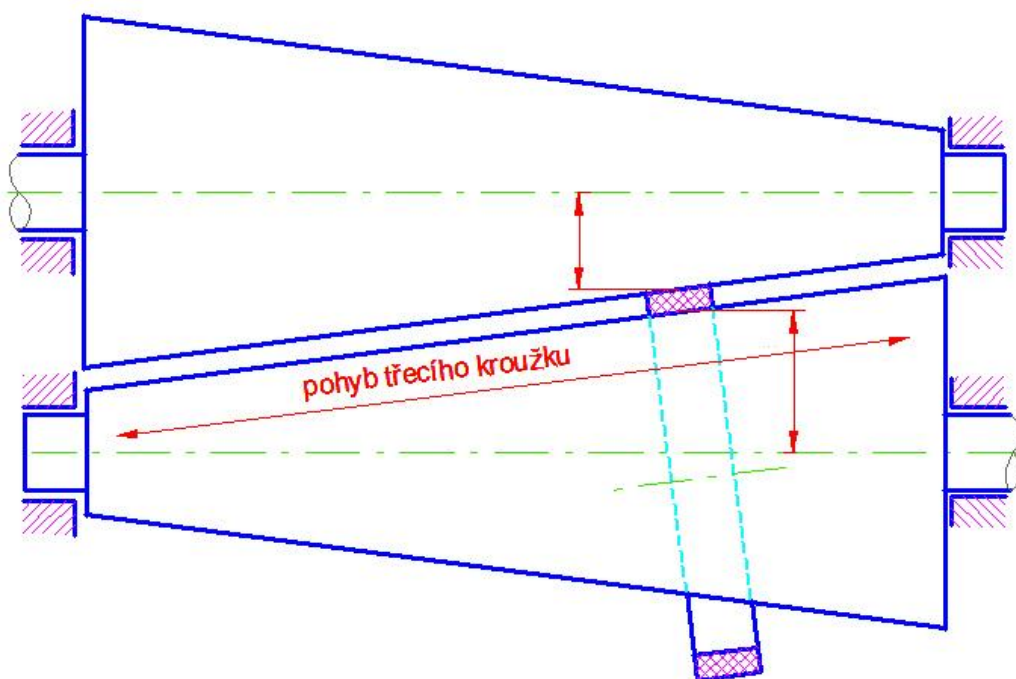
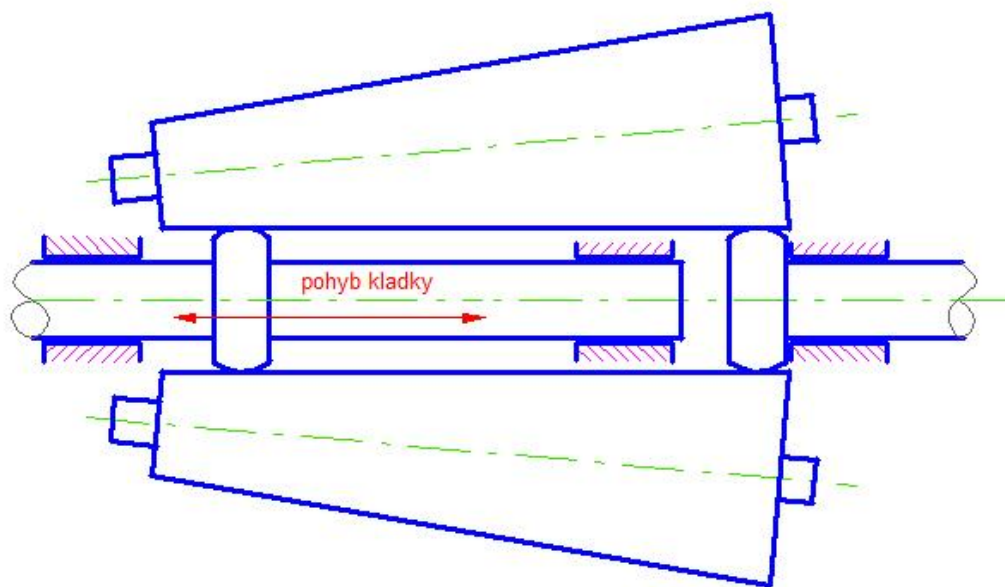


Použití např. třecí šroubový (vřetenový) lis



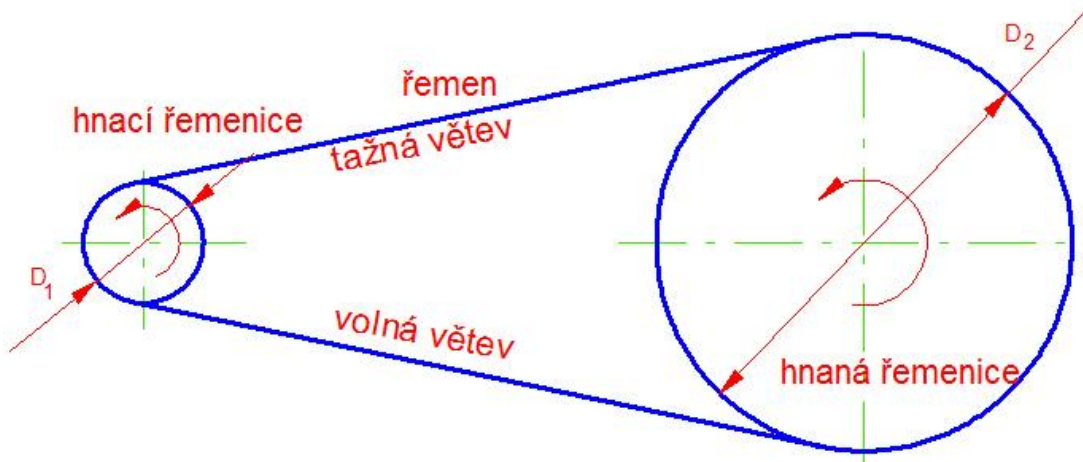
Jiné konstrukce třecího variátoru s dvojitým třecím převodem





### Řemenové převody:

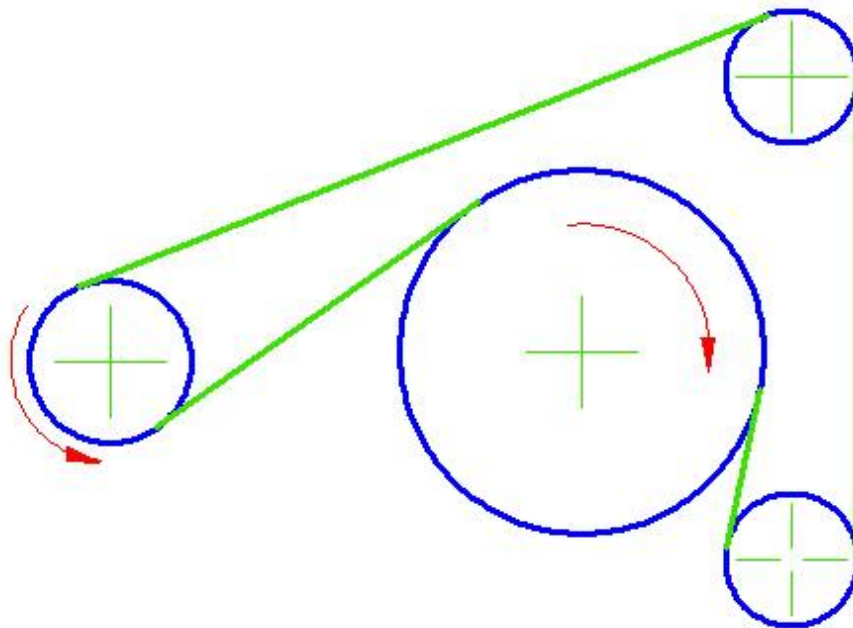
Přenáší otáčivý pohyb mezi dvěma hřídeli prostřednictvím opaskového tření mezi hnací řemenicí a řemenem a následně pomocí tření mezi řemenem a hnanou řemenicí. Řemen je namáhán tahem v zatížené větvi převodu. Převod nemění směr otáčení. Na obou řemenicích dochází k prokluzu. Výsledný otáčivý pohyb je bez vibrací – řemen tlumí vibrace pocházející od vstupního hřídele. Ztráty v převodu způsobují jeho zahřívání a proto se nesmí používat v prostředí s nebezpečím požáru!!! Hřídele mají být rovnoběžné.



Převodový poměr v nezátíženém stavu: 
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$D_1$  a  $D_2$  jsou tzv. výpočtové průměry řemenic.

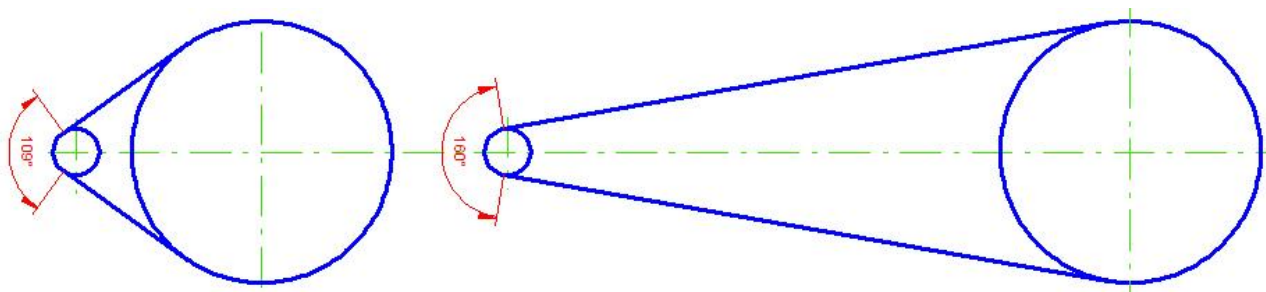
Druhy řemenů: - ploché – pro velmi malé průměry řemenic, vysoké obvodové rychlosti, velké převodové poměry, lze s nimi opásat řemenici v opačném směru a tím změnit směr otáčení.



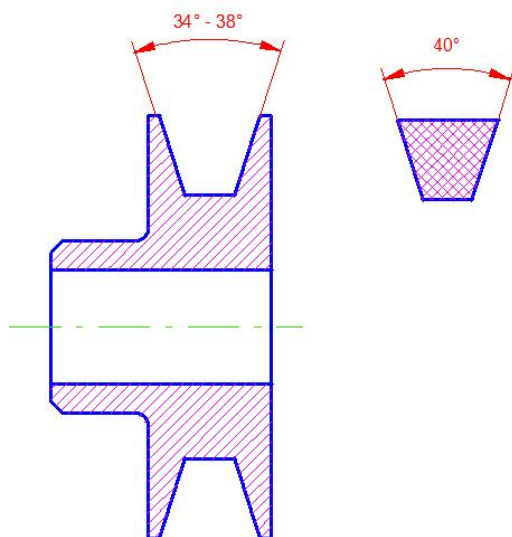
- klínové – vyšší účinnost, větší průměry řemenic, vícenásobné použití
- vícedrážkové
- lanové

Pro zvýšení životnosti řemenu se volí větší průměry řemenic.

Přenášený krouticí moment je závislý na úhlu opásání řemene na menší řemenici. Vzdálením hřídelí se zvyšuje úhel opásání na malé řemenici.



Klínové řemeny, řemenice:



Klínové řemeny se vyrábějí v šířkách 10, 13, 17, 22 a 32 mm.

Úhel volného řemene je 40°. Při jeho ohýbu dochází ke zmenšování úhlů jeho boků. Úhel drážek je tomu přizpůsoben podle průměru řemenice. Pro malé průměry se volí 34°, pro střední 36° a pro větší 38°.

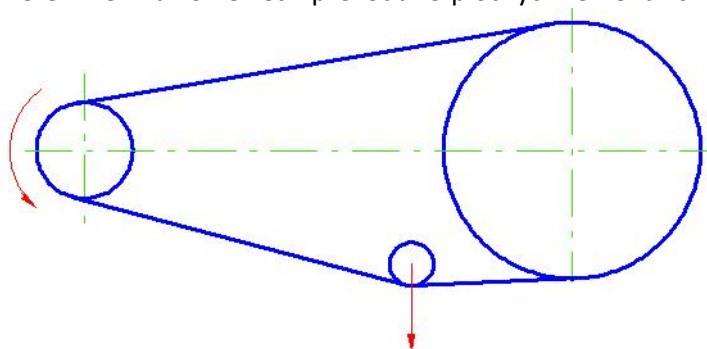
Doporučený úhel drážky při velikosti řemenice:

Šířka řemene	34°	36°	38°	40°
10	50 až 71	80 až 100	112 až 160	>180
13	75 až 112	125 až 160	180 až 400	>450
17	125 až 160	180 až 224	250 až 500	>560
22		200 až 315	335 až 630	>710

Využívají tření v klínové drážce. Součinitel tření se zvýší na  $f_{kl} = \frac{f}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{f}{\sin 18^\circ} = 3,2 \cdot f$ .

Opotřebením řemene klesá řemen směrem ke dnu drážky. Proto každý řemenový převod vyžaduje mechanismus napínání řemene. Nesmí v řádném případě dojít k dosednutí řemene na dno drážky.

Důležitý vliv na přenášený krouticí moment má napnutí řemenu na volné větvi převodu. Napínání klínových řemenů se provádí buď odsouváním jednoho hřídel od druhého (tam, kde to dovoluje konstrukce stroje), nebo napínací kladkou směrem ven na volné větvi převodu. U plochých řemenů i směrem dovnitř.



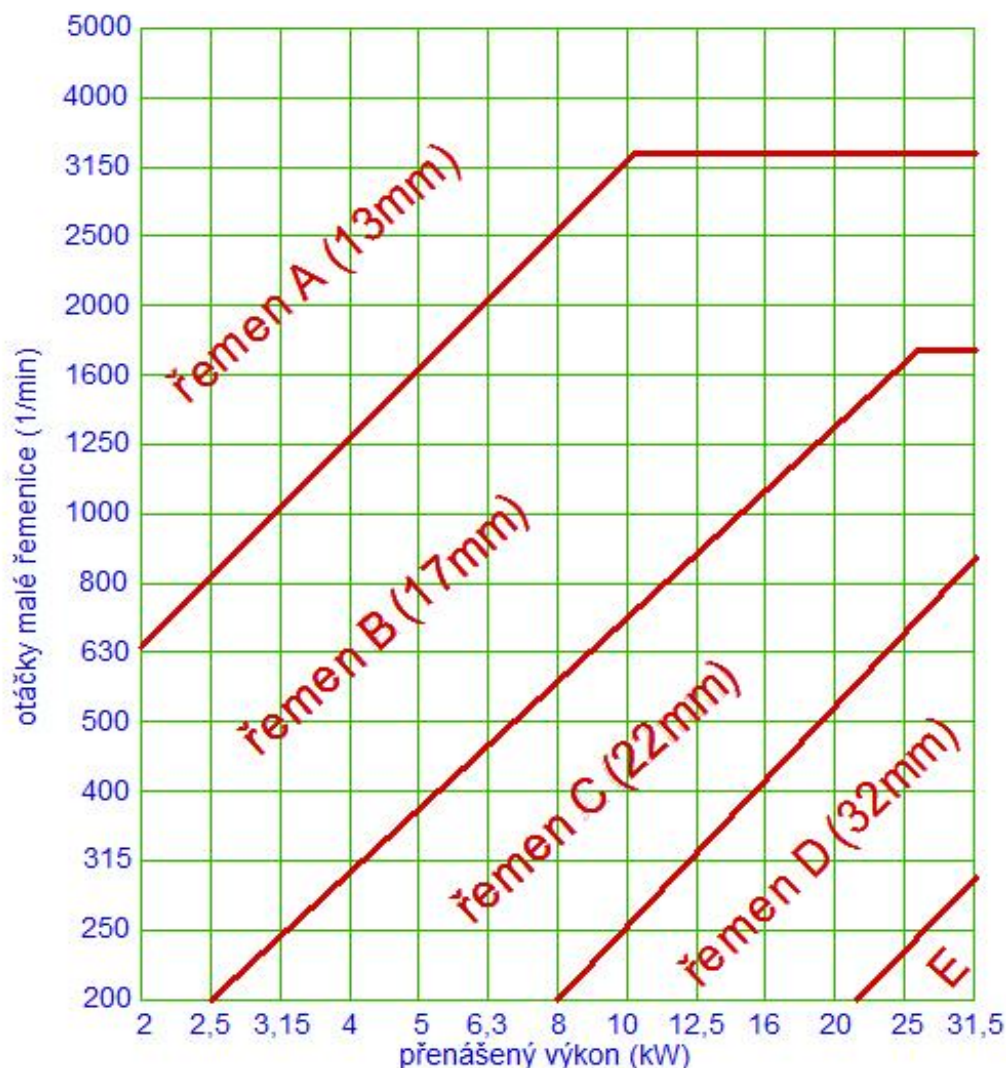
Předpětí řemene ve volné větvi by mělo být 1,5 ... 2 x větší než je pracovní tah řemene.

Pracovní tah řemene  $F = \frac{102 \cdot P \cdot 9,81}{v}$ , kde  $v$  je obvodová rychlost řemene  $v = \frac{D_1 \cdot n_1}{19100}$

Pro větší výkony se volí buď silnější řemen nebo sada více slabších řemenů. To má však za nevýhodu to, že při porušení jednoho se musí vyměnit celá sada.

Velikost řemenu se stanoví z nomogramu. Vstupní hodnoty pro jeho určení jsou přenášený výkon a otáčky malé řemenice.

Řemen šířky 10 mm lze použít do 2 kW přenášeného výkonu.



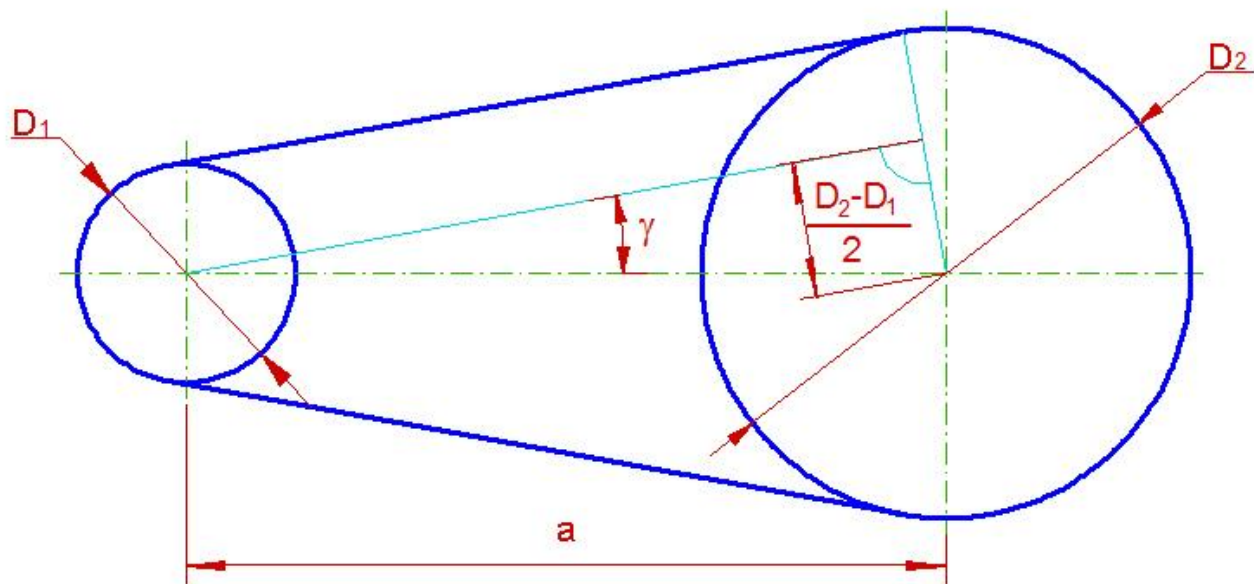
Řemenice se vyrábějí soustružením z litiny nebo hliníkové slitiny, event. Složené ze dvou plechových výlisků.

Výpočtové průměry řemenic pro klínové řemeny jsou  $D = d - \frac{2}{3} \cdot s$ , kde  $s$  je šířka řemene a  $d$  je vnější průměr řemenice.

Vzdálenost os hřídel se volí v rozsahu  $(0,7 \text{ až } 2) \cdot (D_1 + D_2)$

Délka klínových řemenů se uvádí v tzv. vnitřní délce (délka obvodu po vnitřní straně řemene). Určení potřebné délky řemene lze provést natažením provázku přes obě řemenice, jeho vložením do dna drážky nebo výpočtem.



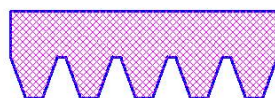


$$L = 2a \cdot \cos \gamma + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} + \pi(D_2 - D_1) \cdot \frac{\gamma^\circ}{180^\circ} \quad \text{kde } \gamma = \sin^{-1} \left( \frac{D_2 - D_1}{2a} \right)$$

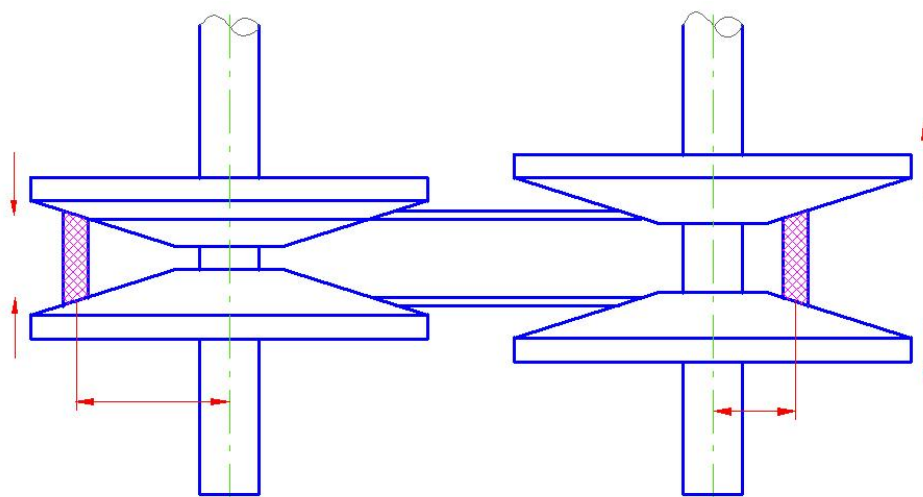
Vzdálenost os potřebná pro délku L je

$$a = 0,25 \left[ (L - p) + \sqrt{(L - p)^2 - 8q} \right], \quad \text{kde } p = \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2}, \quad q = \left( \frac{D_2 - D_1}{2} \right)^2$$

Vícedrážkový řemen: spojuje výhody plochých a klínových řemenů. Nevýhodou je jejich vyšší cena.



Řemenový variátor:

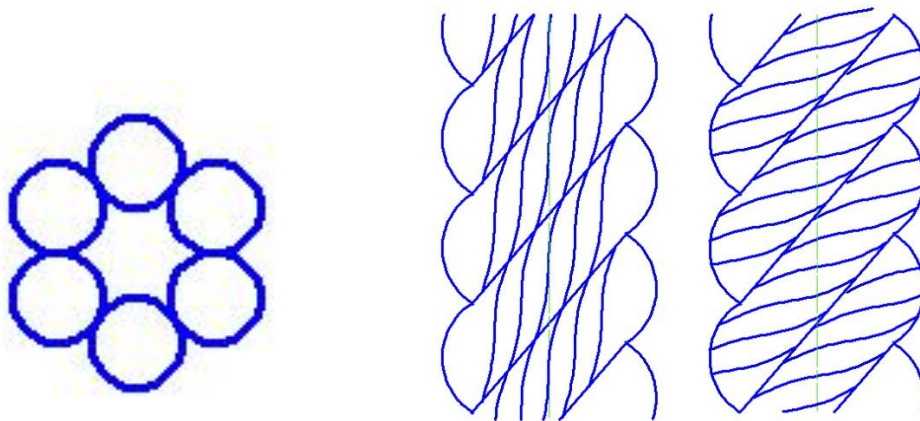


Mění převodový poměr vzájemným pohybem dvou polovin řemenic.

Použití: skútry, maloobsahová vozidla

### Lanové převody:

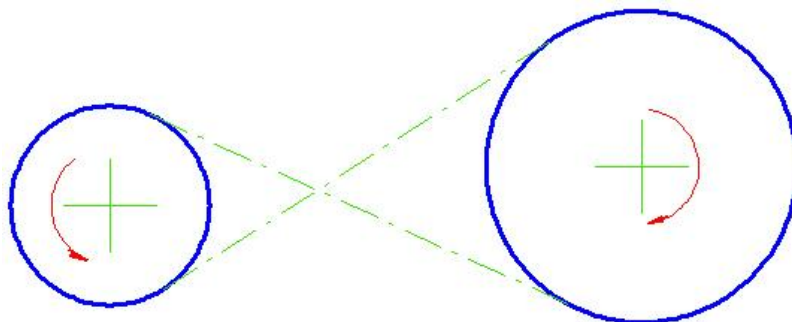
Ocelová lana mají kruhový tvar složený ze 6 pramenů a duše. Každý pramen je svazek vinutých samostatných drátů. Vyrábějí se buď vinutá protisměrně (určená pro zatížení v tahu) a vinutá stejnosměrně (určená ohyb = lanové převody).



Ocelová lana mají velkou pružnost a tepelnou roztažnost, proto lanové převody vyžadují dostatečně dimenzovaný napínací systém.

Použití: výtahy, lanové dráhy

Přezkové řemeny kruhového průřezu lze použít s překřížením a tím umožnit změnu směru otáčení

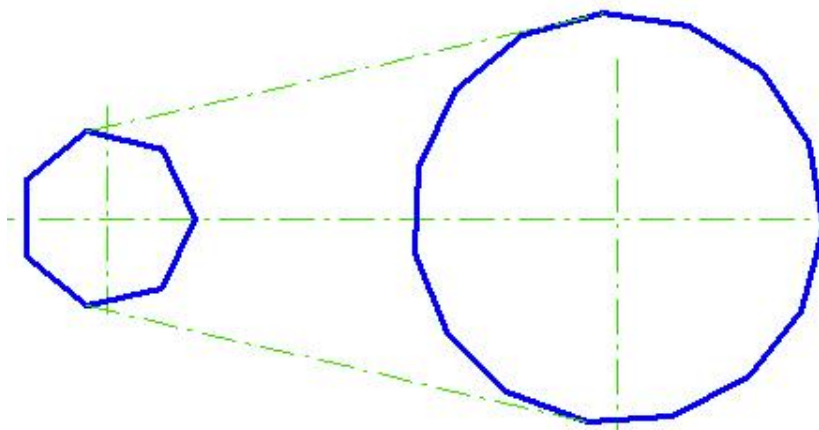


### Řetězové převody:

Přenáší otáčivý pohyb mezi dvěma hřídeli prostřednictvím tvarového styku mezi hnací řetězkou a řetězem a následně mezi řetězem a hnanou řetězkou. Řetěz je namáhán tahem pouze na tažné větvi převodu. Hřídele musí být rovnoběžné!

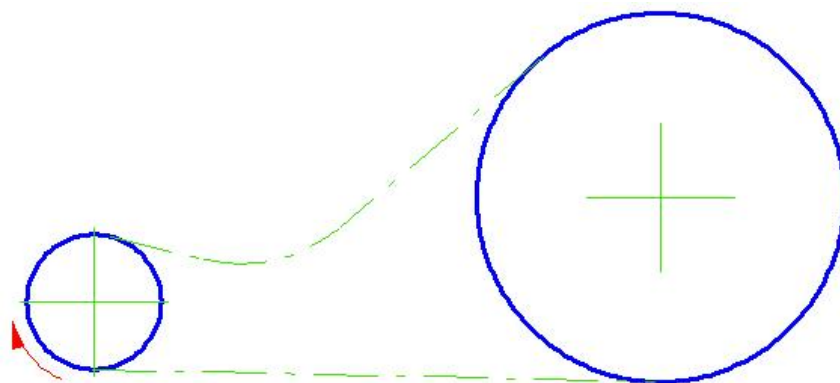
Převod není spojen s prokluzem. Protože osa řetězu nedosedá na kruhové řetězové kolo ale na pravidelný n-úhelník, není řetězový převod „přesný“, ale pravidelně se mění. Výsledný otáčivý pohyb je zatížen vibracemi způsobenými jak hnací tak hnanou řetězkou. Proto je tento typ převodu hlučný. Při dostatečném mazání je nebezpečí přehřátí a event. požáru minimální.

Převodový poměr:  $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$  kde hodnoty  $z_1$  a  $z_2$  obsahují počet zubů řetězových kol



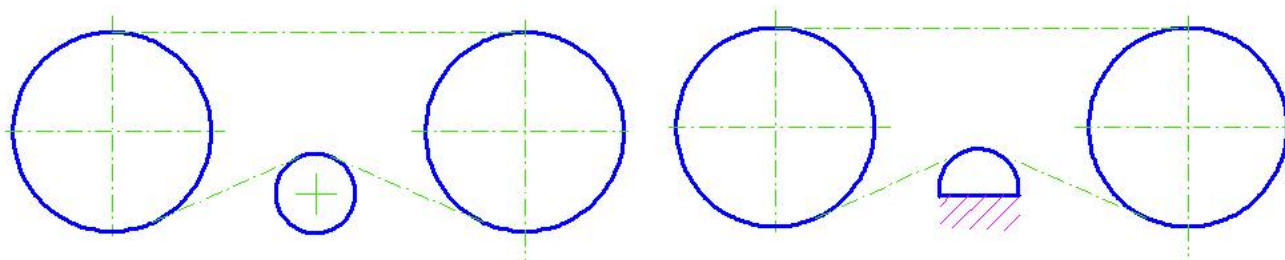
Volná (nezatížená) větev převodu musí být ve spodní části převodu. Proto nejsou vhodné pro reverzované převody (mění směr otáčení). Proto naprosto chybný je následující případ!

Špatně!!!

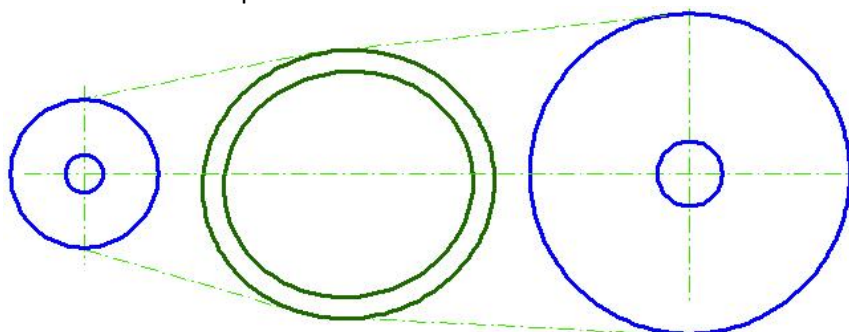


U svislého uspořádání je nutné použít napínáku.

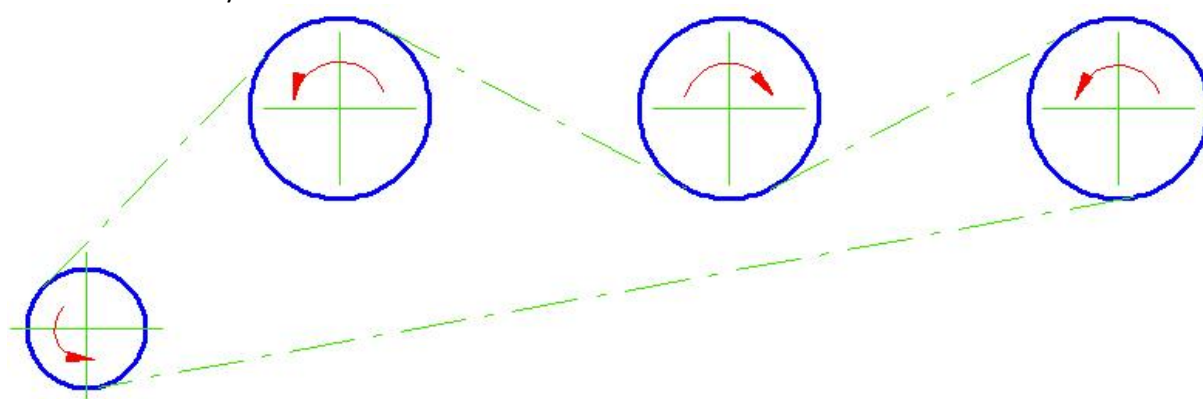
Napínání řetězového převodu se provádí buď odsunutím hřídelí, nebo použitím napínáku na volné straně převodu – napínací kladky nebo kluzný (dřevěný nebo plastový) špalík.



Zajímavý způsob napínání řetězových převodů je pomocí pružného (plastového) ozubeného věnce vloženého mezi hnanou a hnací větev převodu.



Pomocí řetězového převodu na rozdíl od řemenového převodu s klínovým řemenem lze změnit směr otáčení. Řetěz lze ohýbat libovolně v obou směrech.



Typy řetězů:

- kloubové (Evertův)
- článkové
  - čepové
  - pouzdrové
  - válečkové
- svařované

Kola řetězových převodů = řetězky = řetězová kola = rozety

Rozteč článkových řetězů je jeho základní rozměr. Lisované článkové řetězy se vyrábí s roztečemi v palcové míře:

1" = 25,4 mm

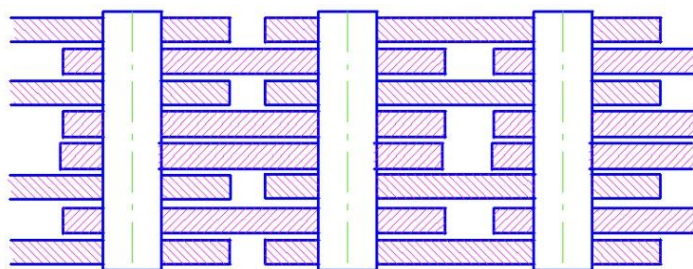
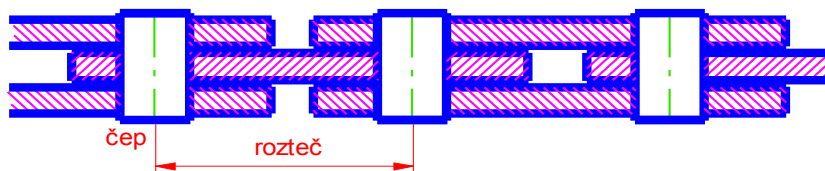
3/4" = 19,05 mm

5/8" = 15,875 mm

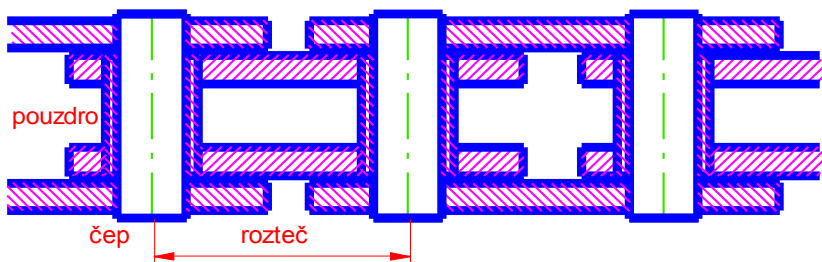
1/2" = 12,7 mm

3/8" = 9,525 mm

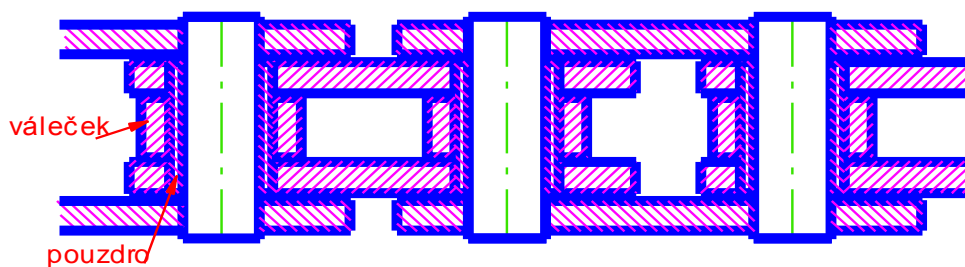
Článkové čepové řetězy: použití pro řetězové pily, variátory. Malá styková plocha mezi čepy a články vyžaduje důkladné mazání.



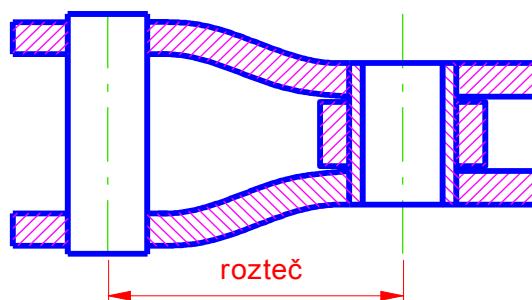
Článkové pouzdrové řetězy (Galovy) – silové pomaloběžné převody, kladkostroje, dopravníky, vysokozdvizné vozíky



Článkové válečkové řetězy – nejpoužívanější = nejlevnější



Zkracování článkových řetězů je nutno provádět odebráním dvou roztečí (vnější a vnitřní článek) nebo použit poločlánek.



Spojování obou konců řetězů se provádí buď nalisováním čepu nebo nasazením spojovacího článku s pojistkou v poloze proti směru pohybu řetězu.

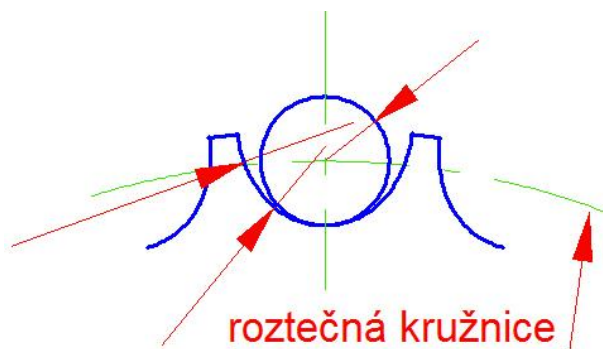
#### Řetězová kola pro článkové řetězy:

Vyrábějí se buď dělicím frézováním (zub po zubu) – u silnějších zubů nebo lisováním celého tvaru – u tenčích zubů a hromadné výrobě. Pro kusovou výrobu lze použít vypálení laserem.

Středy válečků posazených na dno zubů prochází pomyslná kružnice, které se říká „roztečná kružnice“.

Průměr roztečné kružnice: 
$$d_{rk} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$$
 kde  $t$  je rozteč řetězu a  $z$  je počet zubů.

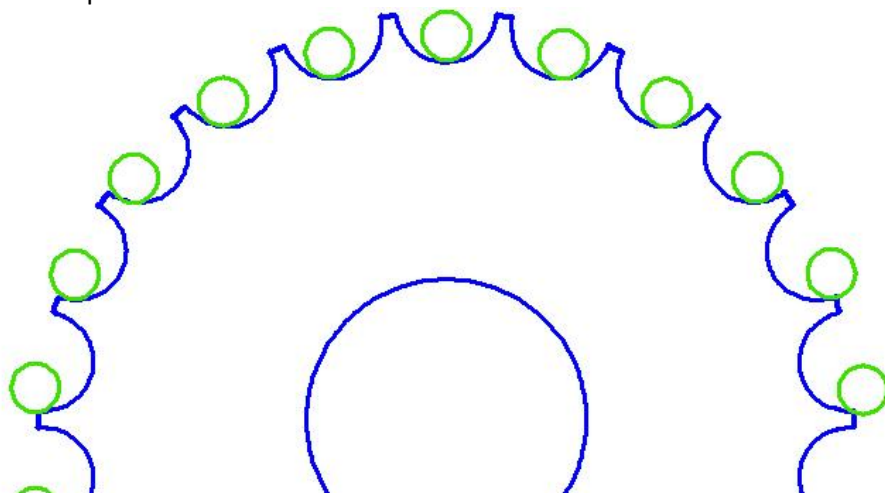
Dno zubu řetězového kola představuje několik navazujících rádiusů (zaoblení). Řetěz se během provozu opotřebovává a tím se zvyšuje rozteč mezi jednotlivými čepy. Tvar zubu umožňuje postupný záběr dosedáním válečků na boky zubu i při „vytáhném“ řetězu.



#### Údržba řetězového převodu:

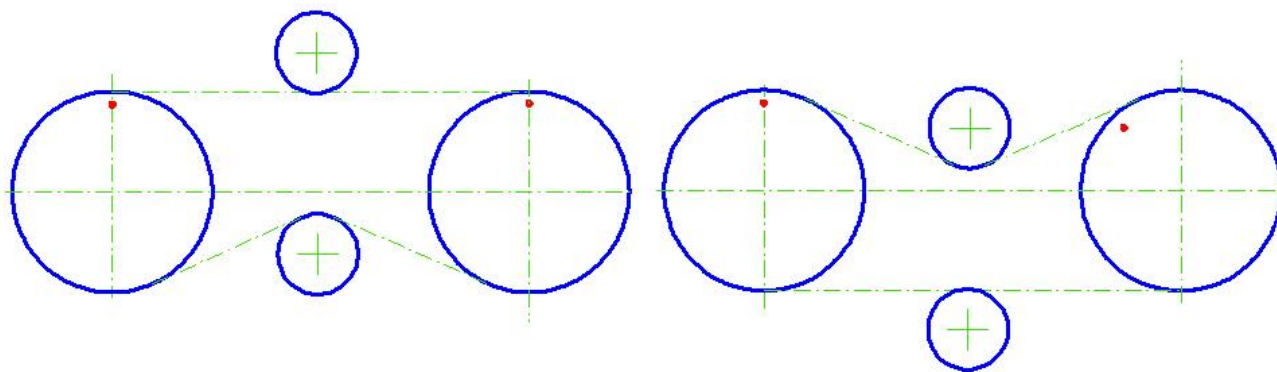
- pravidelné čištění - vyprání v technickém benzínu, petroleji, horká pára
- opětovné namazání v teplém oleji
- osušení přebytečného maziva

Při velmi vysokém opotřebení hrozí nejen přetržení řetězu, ale může dojít i k přeskočení řetězu o zub. Prodloužení řetězu nesmí přesáhnout 3%.

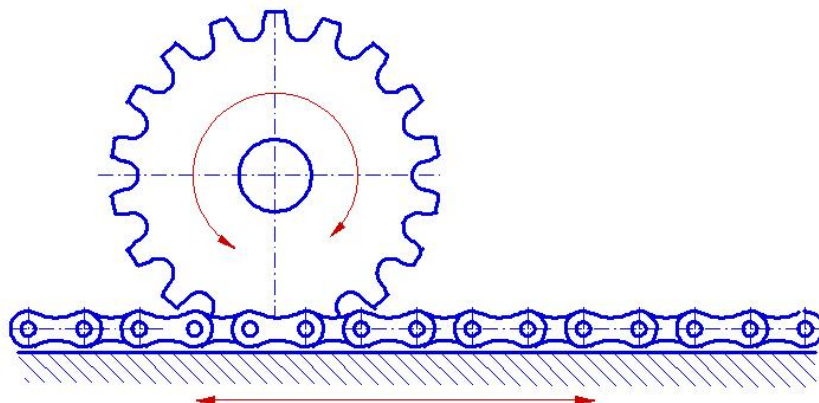


Řetězový převod zajišťuje vzájemnou fázovou synchronizaci otáčení obou hřídelí (rozvody čtyřdobých spalovacích motorů). Pomocí dvou napínáků lze provádět regulaci vzájemného natočení hřídelí (regulace časování rozvodů VW).

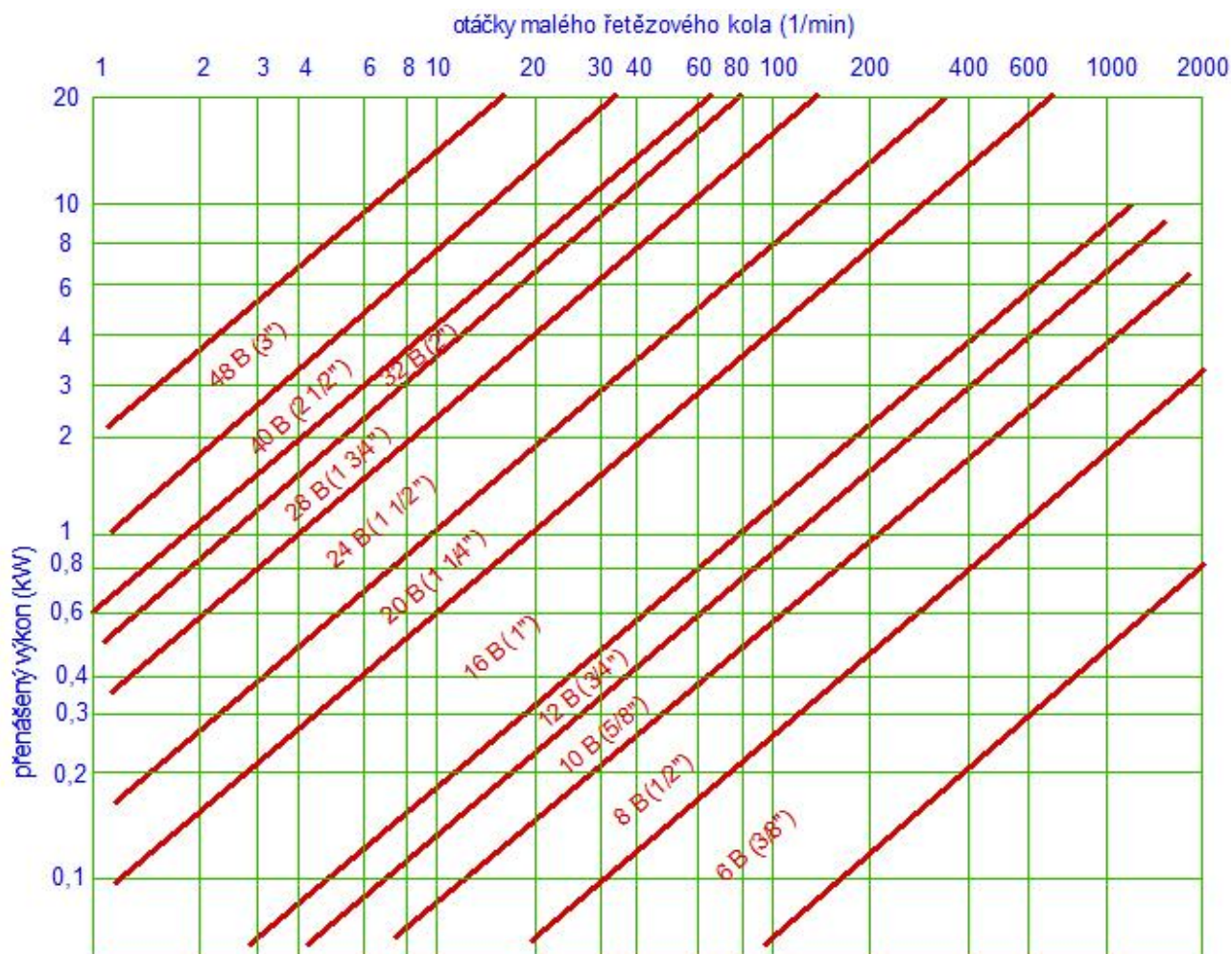




Převod mezi otáčivým a přímočarým pohybem pomocí článkového řetězu napnutého na podložce.



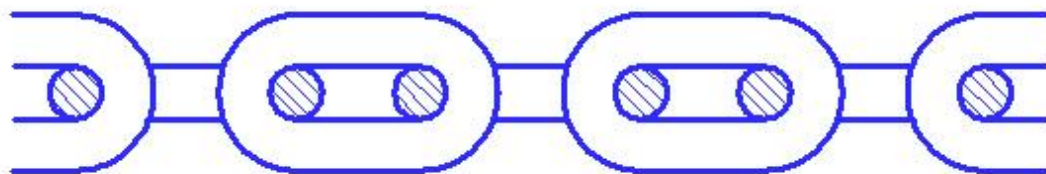
Výpočet řetězového převodu se podobně jako u řemenů provádí pomocí nomogramů viz. normy řetězů. Vstupní hodnoty jsou přenášený výkon a otáčky malého kola.



Vedle silnějších lze zvolit i vícenásobné řetězy, které zvyšují spolehlivost pohonu.

Minimální počet zubů je dán obvodovou rychlostí řetězu. Minimálně 17 až 25 zubů.

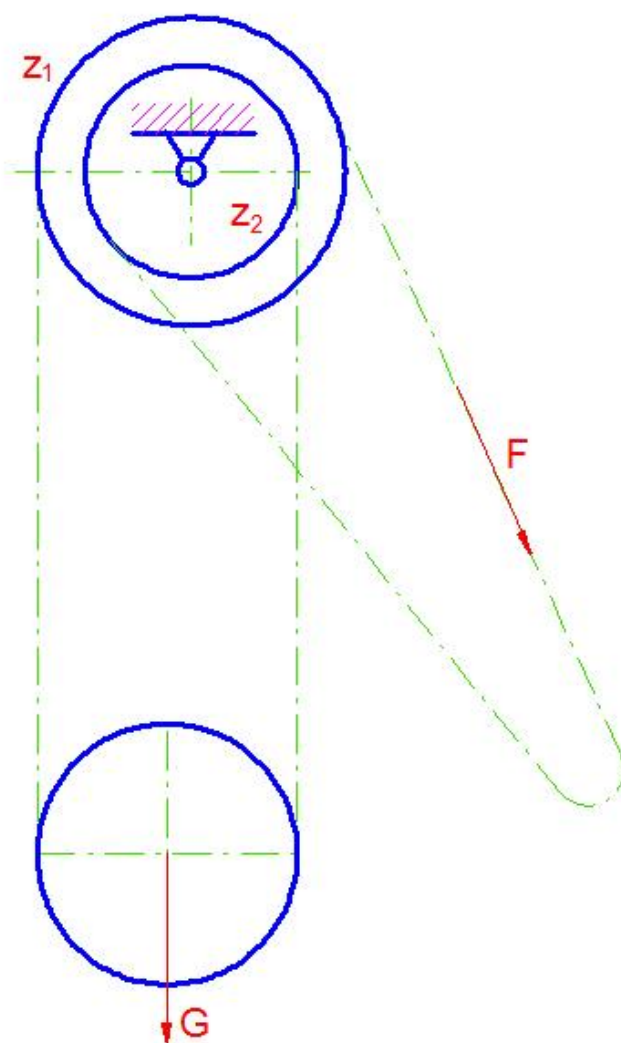
Svařované článkové řetězy se používají u řetězových převodů pracujících ve velmi znečištěném abrazivním prostředí (dopravníky), nebo u řetězových kladkostrojů. Vyrábějí se v roztečích (vnitřní délka článku) v mm.



Řetězová kola pro tyto řetězy zabírají za tělo vodorovných článků. Svislé články vedou řetěz mezi dvěma polovinami řetězového kola.

Diferenciální kladkostroj Westonův se skládá ze dvou souosých pevně spojených řetězových kol s různými počty zubů a z jedné kladky volné. Břemeno visí na dvou částech řetězu a napíná každý z nich silou o polovině tíhy břemena. Potřebná síla pro zvedání břemena je pak  $F = G \cdot \frac{z_1 - z_2}{2 \cdot z_1}$

Dvojkolo rozet je zajištěno proti zpětnému otáčení rohatkou a západkou. Řetěz je zajištěn proti vypadnutí ze záběru.



### Ozubené řemeny:

Spojují výhody řemenů a řetězů.

Ozubené řemeny slouží k přenosu výkonu resp. otáček z hnací na hnanou řemenici bez prokluzu. Všechny řemenice mají stejné tzv. synchronní otáčky. Tlumí vibrace.

Vyrábějí se jednostranně nebo oboustranně ozubené (umožňují změnu směru otáčení).

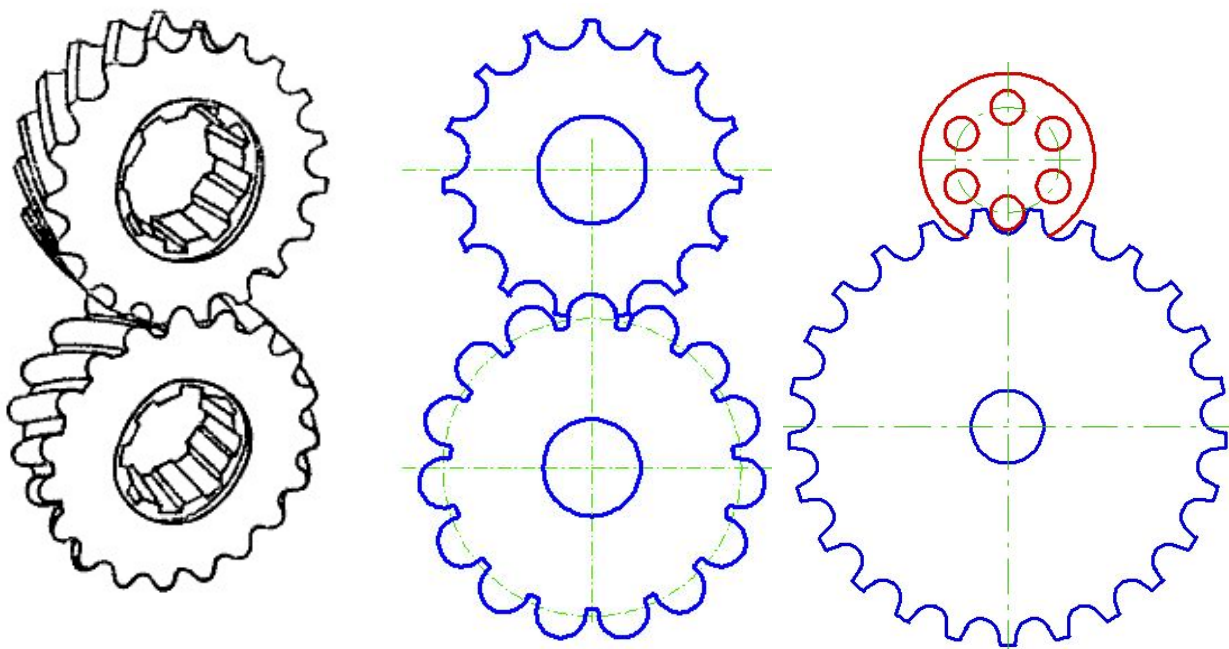
- pryžové (rozvody OHV)
- kovové (variátory)
- tiché pohony přístrojů

### Ozubené převody:

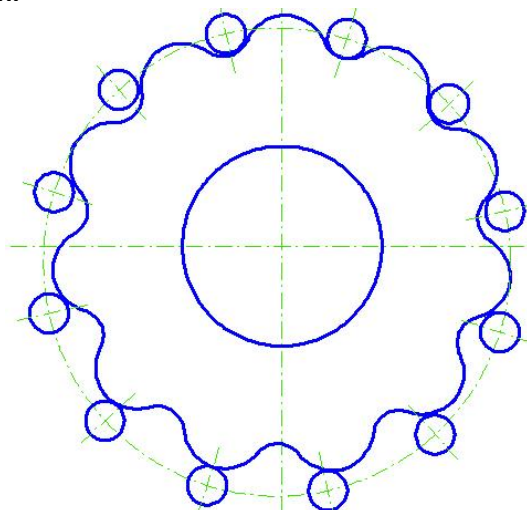
Přenáší otáčivý pohyb mezi dvěma hřídeli prostřednictvím tvarového styku mezi boky zubů hnacího a hnaného kola. Při provozu převodu nedochází k prokluzu. Přesnost převodu je daná použitým tvarem boků zubů. Některé typy mění, jiné nemění směr otáčení.

Převodový poměr:  $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$  kde hodnoty  $z$  obsahují počet zubů

Typy tvarů boků zubů: - **kruhový** = cévové ozubení (Novikov), kolíčkové provedení s řetězovým kolem

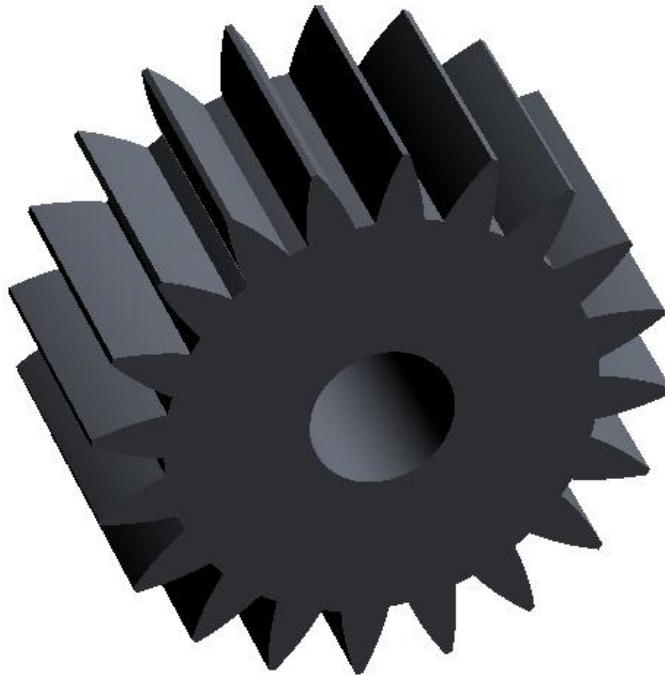


- **cykloidní**



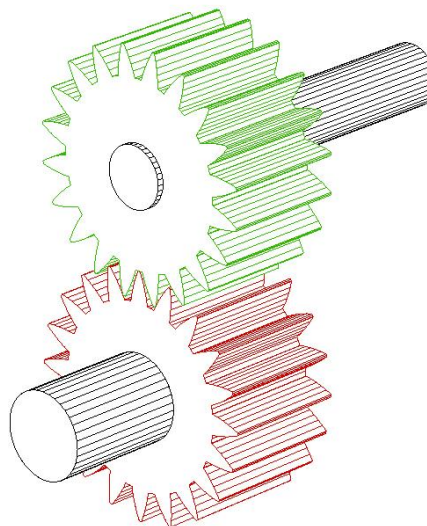
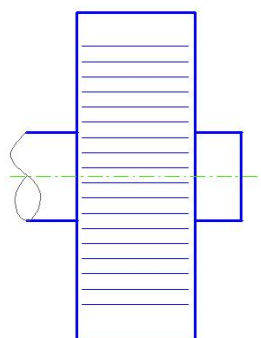


- **evolventní** – nejpoužívanější, nejjednodušší výroba



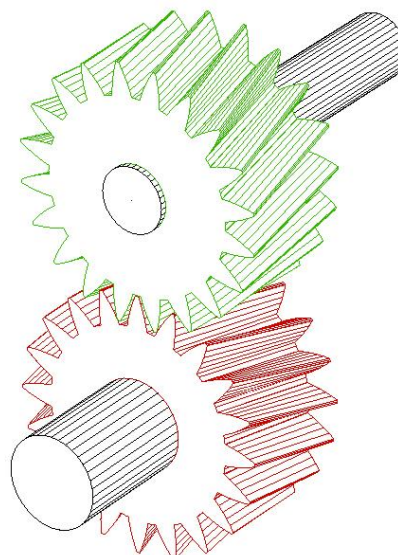
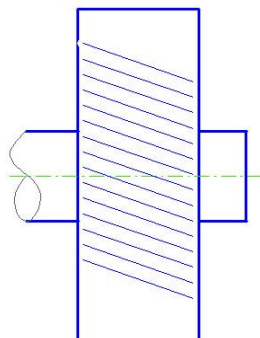
Typy tvarů zubů:

- přímé



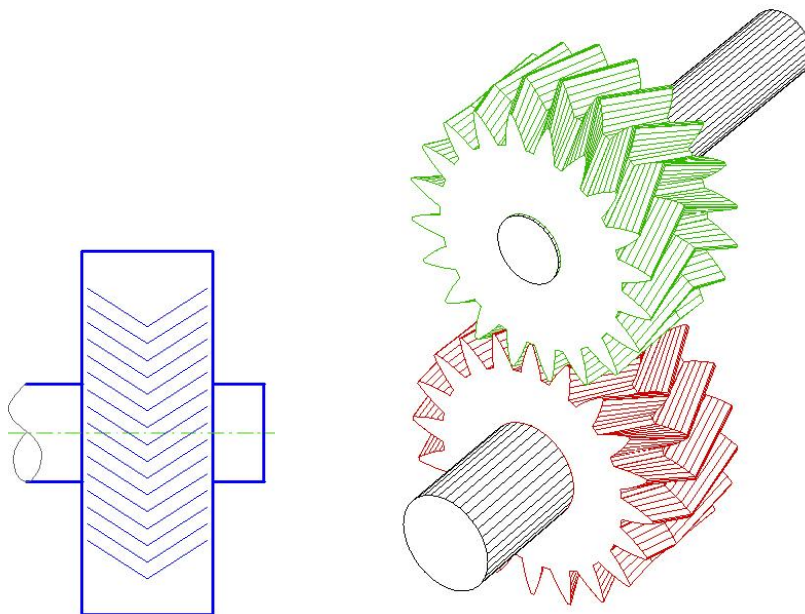
Má nevýhodu v hlučnosti

- šikmé



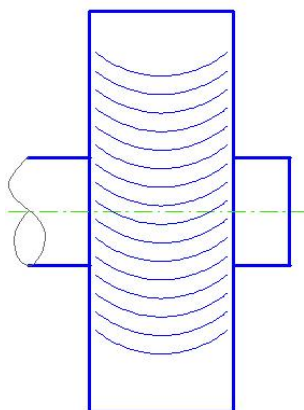
Nevýhodou je vytváření osové síly, spolu zabírají levé + pravé

- šípové



Nevýhodou je složitá výroba

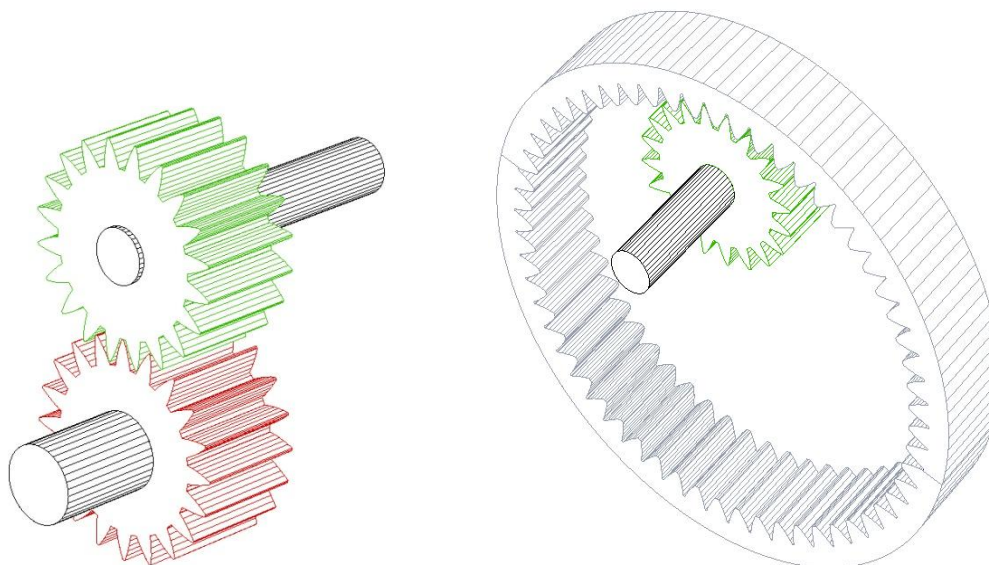
- oblé



Výhody – komfortní, tiché

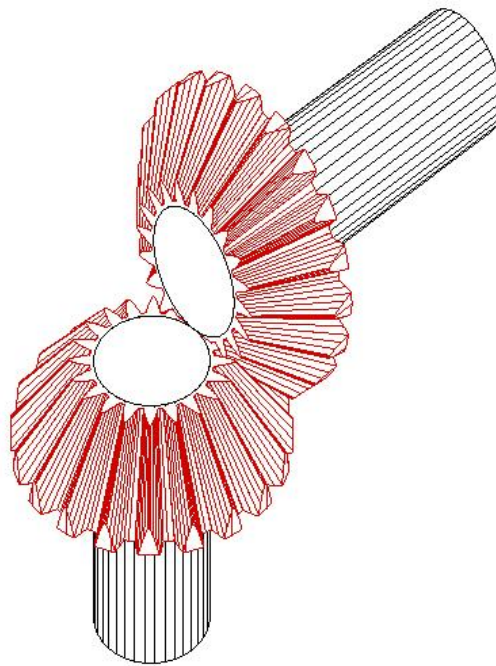
Typy podle polohy os obou kol:

- rovnoběžné = čelní
  - s vnějším ozubením
  - s vnitřním ozubením

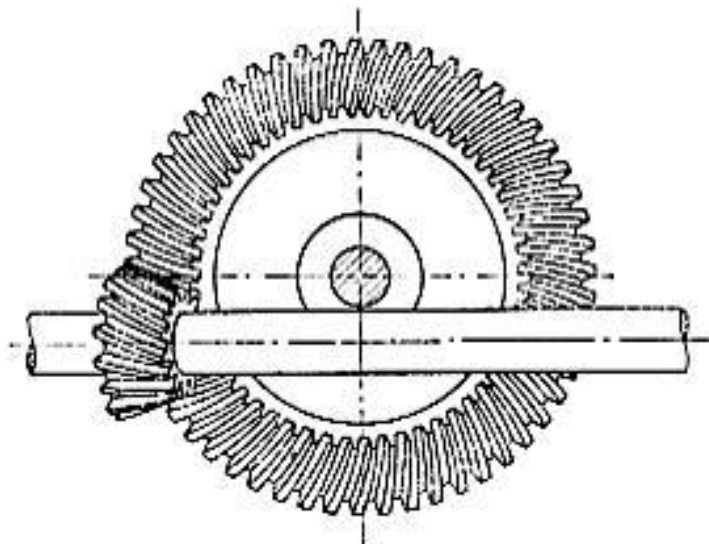
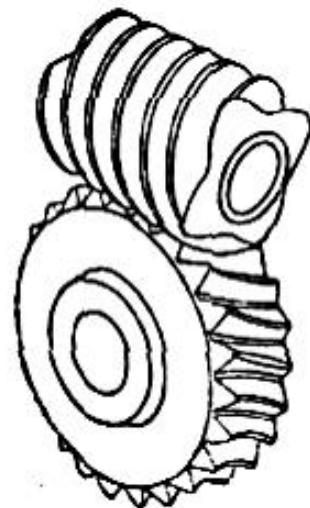
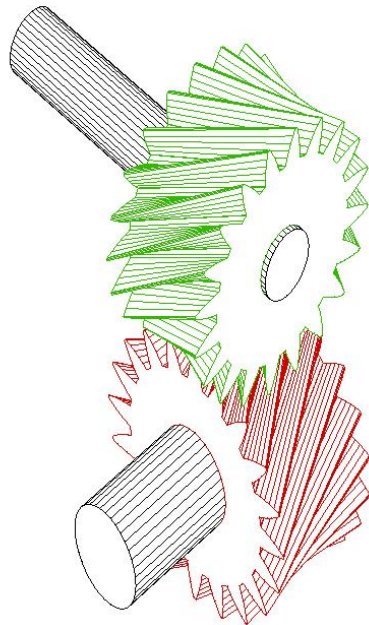




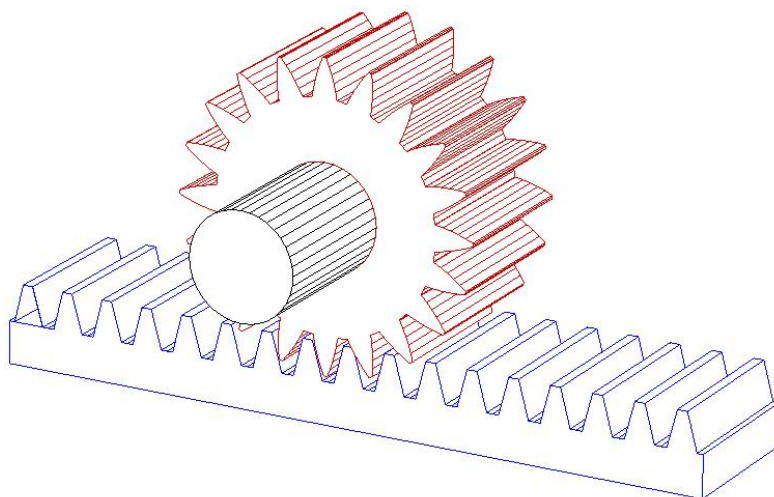
- různoběžné = kuželové



- různoběžné = šroubové, šnekové, hypoidní



- měnící rotační pohyb na přímočarý = kolo + hřeben



Typy podle kinetických poměrů:

- valivé
- suvné (šroubové)

Názvosloví:

- pastorek = ozubené kol s malým počtem zubů
- soukolí = 2 do sebe zabírající ozubená kola
- dvojkolo, stromeček = dvě a více ozubených kol vyrobených z jednoho kusu materiálu
- mezikolo = vložené kolo do soukolí – změni směr otáčení
- předloha = vložené dvojkolo se záběrem do jednoho a druhého kola soukolí
- ozubený věnec = pouze vnější část ozubeného kola
- ozubený segment = výseč ozubeného kola
- hruška = kuželový ozubený pastorek
- talíř = velké kuželové kolo – protikus ke hrušce
- korunové kolo = ozubené kol s vnitřním ozubením
- satelit = vložené kolo v planetovém soukolí
- hřeben = napřímené ozubení
- roztečná kružnice – dvě kola v soukolí se dotýkají svými roztečnými kružnicemi

Výroba ozubených kol (zubárenství):

- dělicí frézování (zub po zubu tvarovou frézou) = nepřesné pro pomaloběžné převody (kusová výroba)
- odvalovací frézování = nejvýkonnější technologie
- obrážecí odvalování (Felowovo kolečko), dvojkola a korunová kola

Základní rozměry evolventního ozubení:

- počet zubů (celá čísla) =  $z$
- modul ozubení (velikost zubu) =  $m$ , čísla z číselné řady: 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 2,75; 3; 3,5; 4; 5; 6 ...
- sklon u šikmých ozubení
- šířka ozubení =  $b$
- průměr roztečné kružnice = počet zubů . modul ozubení
- hlava zubu = vzdálenost roztečné od hlavové kružnice = 1 modul
- pata zubu = vzdálenost roztečné od patní kružnice = 1,25 modulu
- rozteč čelního soukolí = vzdálenost os hřídelí =  $0,5 \cdot (z_1 + z_2) \cdot m$

Určení velikosti neznámého modulu existujícího kola:  $m \cong \frac{D_{hlavová}}{z+2}$  modul jer nejbližší z číselné řady modulů

Výpočet modulu ozubení za zatížení:  $m \geq \sqrt{\frac{M_k}{(z+2) \cdot b \cdot \sigma_{Do}}}$

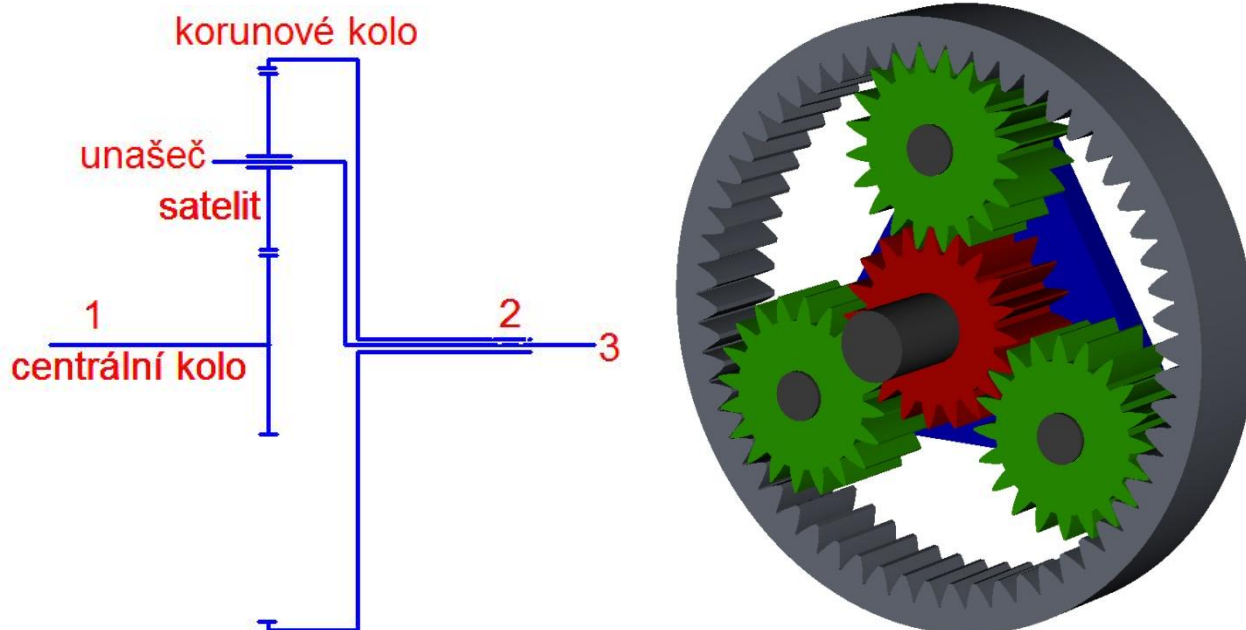
Výpočet složeného převodu:

1. Označíme jednotlivá soukolí a jiné druhy převodů
2. U každého soukolí (převodu) znázorníme směr otáčení
3. Vypočteme jednotlivé dílčí převodové poměry
4. Vypočteme celkový převodový poměr jako součin všech dílčích převodových poměrů.

Planetový převod:

Planetová soukolí jsou tvořena ozubenými koly a unášečem satelitů.

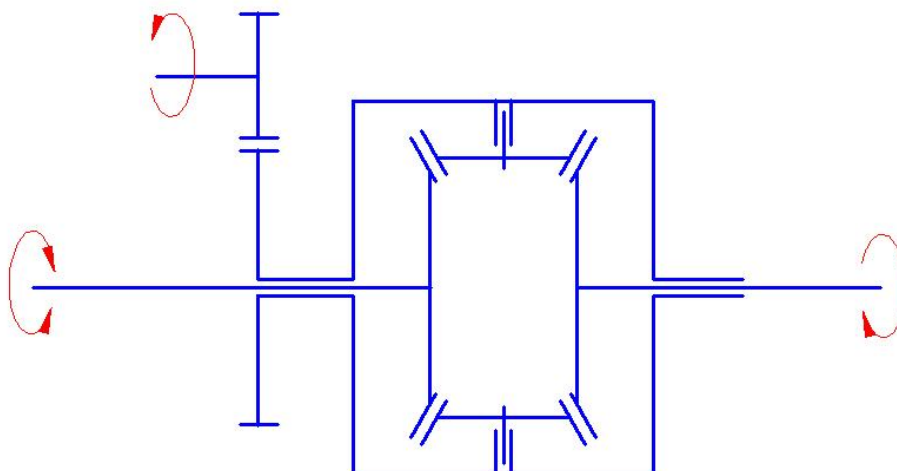
Má všechna kola trvale v záběru, umožňuje 2 i více převodových poměrů. Řazení jednotlivých stupňů se provádí zabrzděním jednoho z členů převodu.

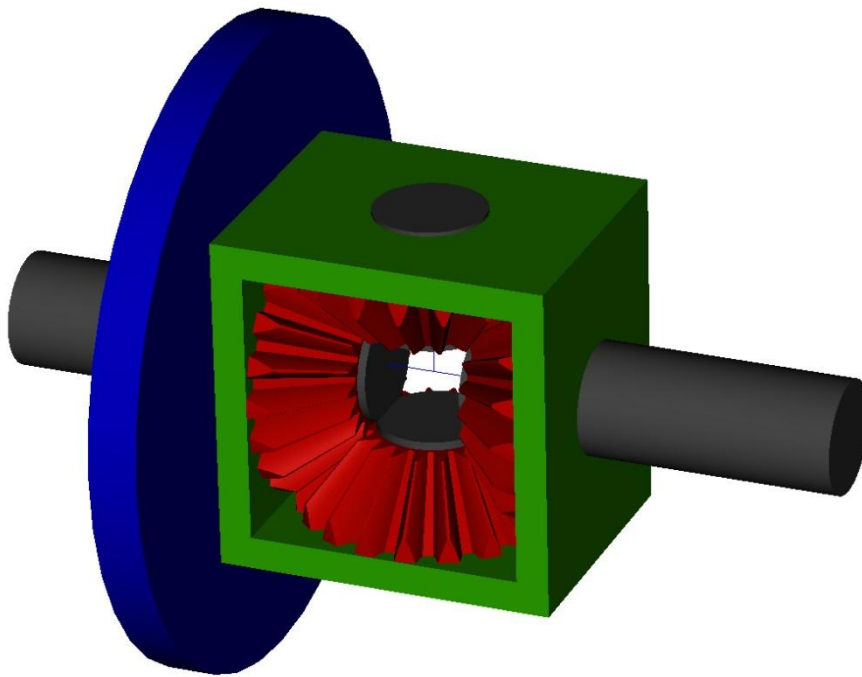


Převodový poměr při zabrzděném korunovém kole:  $i = 1 + \frac{z_3}{z_1}$

Diferenciální planetový převod:

Umožňuje vzájemné otáčení dvou výstupních hřídelí při zachování stálého poměru kroutícího momentu (1 : 1). Používají kuželové satelity v otočné (poháněné) kleci.





## Kinematické mechanizmy:

Slouží k transformaci (přeměně) jednoho druhu pohybu na druhý, změně rychlosti event. vytváření složitých pohybů.

- Pohyby:
- přímočarý
  - otáčivý
  - rovnoměrný
  - zrychlený
  - nepřetržitý
  - vratný
  - harmonický (sinusový)
  - neharmonický

- Typy kinematických mechanismů:
- šroubové = otáčivý na přímočarý
  - klikové = přímočarý vratný na otáčivý
  - vačkové = otáčivý na přímočarý vratný
  - kloubové = kývavý na kývavý, křivkový
  - kulisové = otáčivý na vratný
  - rohatkové = otáčivý na otáčivý přerušovaný
  - klínové = přímočarý na přímočarý
  - lanové = mění směr pohybu s transformací rychlosti

Mechanizmy obsahují částí spojené do tzv. kinematických dvojic = dvojic součástí.

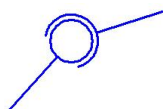
Vazby jednotlivých kinematických dvojic ovlivňují vzájemný pohyb obou součástí.

- Vzájemný pohyb v kinematické dvojici:
- posun v ose x
  - posun v ose y
  - posun v ose z
  - natočení od osy x
  - natočení od osy y
  - natočení od osy z

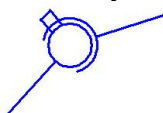
Počet volných pohybů v kinematické dvojici nazýváme „stupni volnosti“. Vazby jsou vázané stupně volnosti.

Příklady kinematických dvojic:

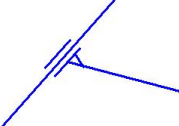
- a) kulová - kulový čep = umožňuje natočení vůči všem osám



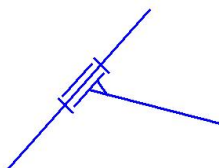
- b) kulová s palcem - kulový čep s palcem = umožňuje natočení vůči dvěma osám



- c) válcová - válcový posuvný čep = umožňuje natočení vůči dvěma osám a posun po přímce



- d) rotační - válcový čep neposuvný = umožňuje natočení



- e) posuvná – drážkovaný čep = umožňuje posun podél přímky



f) šroubová – matice se šroubem = umožňuje vázaný posun s otáčením




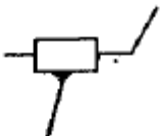
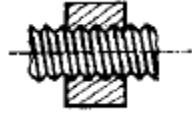
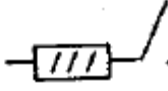


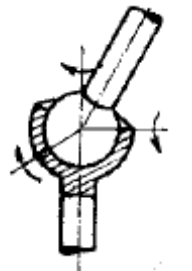

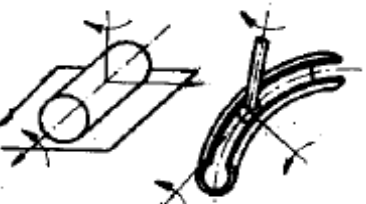



g) bodová – odvalování s bodovým stykem = koule na ploše umožňuje otáčení kolem bodu dotyku

h) přímková – odvalování s přímkovým stykem = válec na ploše umožňuje otáčení kolem přímky styku

Rám je část kinematického mechanismu, který považujeme za nepohyblivý.

Ukázky kinematických dvojic:

počet stupňů volnosti	počet vazeb	provedení	schéma	název
1°	5			Rotační
				Posuvná
				Šroubová
2°	4			Válcová – posuvně rotační
3°	3			Sférická  Rovinná
4°	2			Válec v rovině  Kulový čep v drážce

5°	1		Válec na válci Obecná
----	---	---	--------------------------

Stupně volnosti mechanismu:

Celkový počet stupňů volnosti mechanismu lze vypočítat  $\omega = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - 1p_1$

Kde  $n$  je počet pohyblivých částí mechanismu a  $p_i$  je počet kinematických dvojic s  $i$  vazbami.

### Šroubové mechanismy:

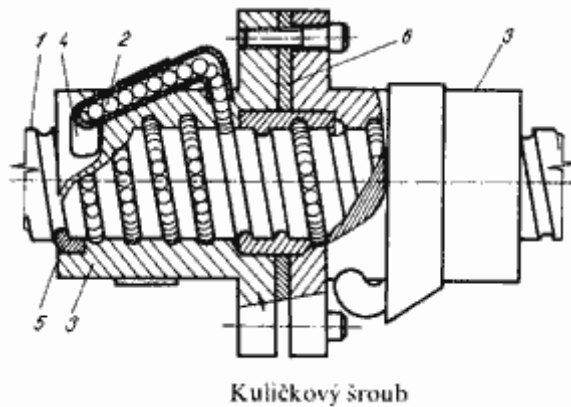
Umožňují změnu otáčivého pohybu na přímočarý event. i obráceně. Obsahují hlavní kinematickou dvojici „šroub s maticí“.

Souhrn vlastností šroubových mechanismů:

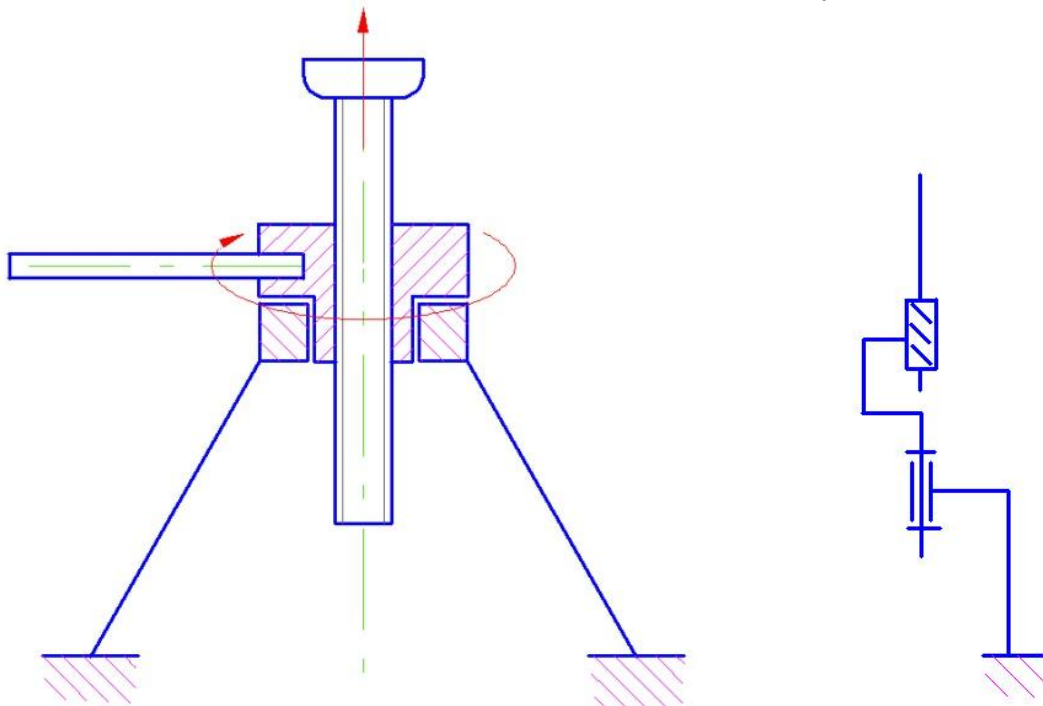
Výhody: přesné, jednoduché na výrobu, velké síly

Nevýhody: velké tření, malá účinnost, malé rychlosti, opotřebení, vznik vůlí

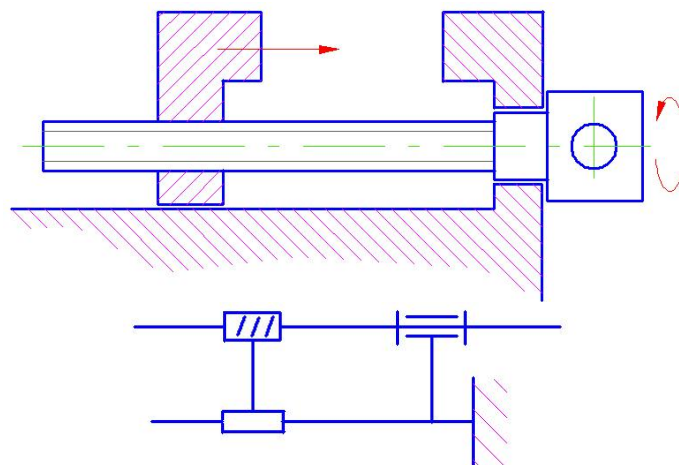
- Vůle v matici lze odstranit:
- sevřením dělené matice
  - požitím dvou matic se vzájemným natočením
  - použitím valivých (kuličkových) matic (šroubů)



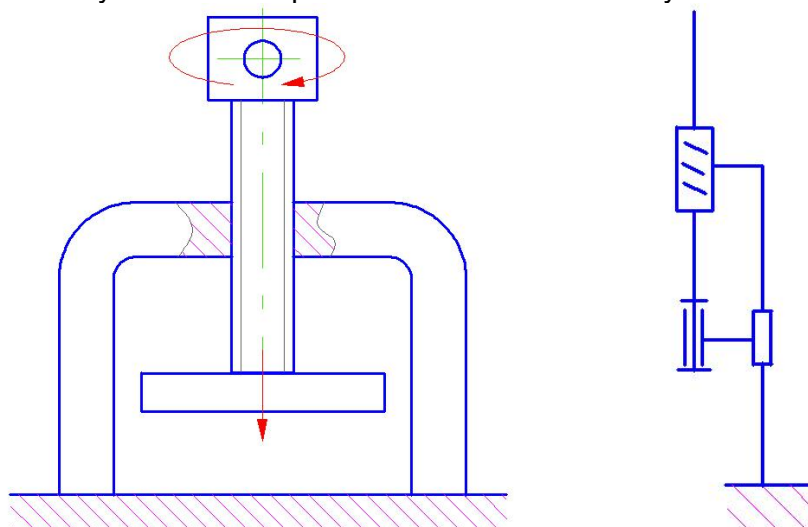
a) Mechanismus s otočnou maticí a posuvným šroubem – šroubový hever



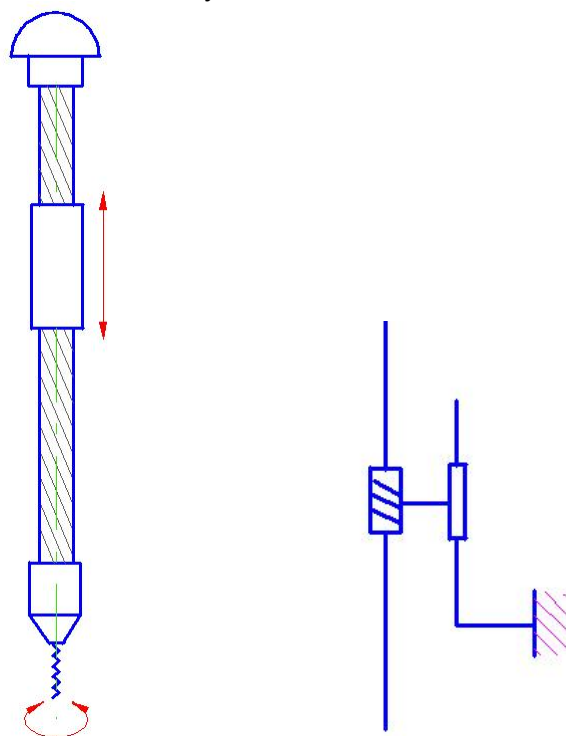
- b) Mechanismus s otočným šroubem a posuvnou maticí – svěrák, pohybové ústrojí obráběcích strojů



- c) Mechanismus s otočným šroubem a pevnou maticí – šroubové lisy



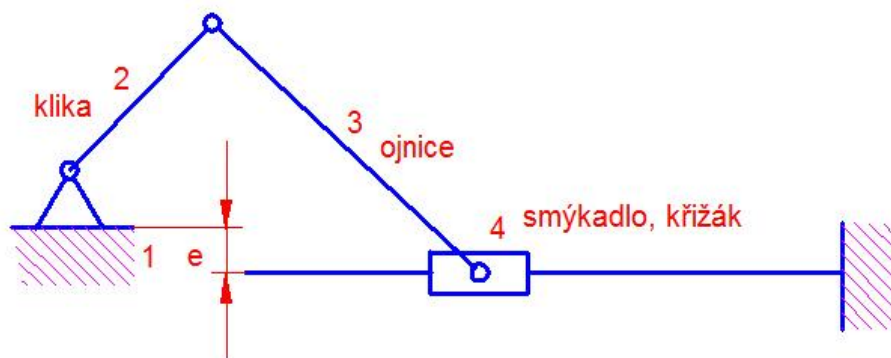
- d) Mechanismus s posuvnou maticí a otočným šroubem – svidřík



Používá se pro pohon mazacích čerpadel poháněných pohybem stolu. Používá tzv. nesamosvorný závit (vícechodý) s velkým stoupáním.

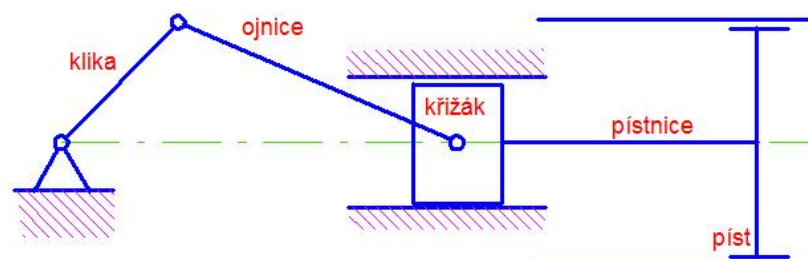
## Klikové mechanismy:

Umožňují změnu otáčivého pohybu na přímočarý vratný nebo obráceně přímočarý vratný na otáčivý.

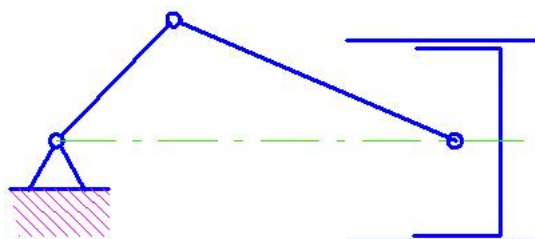


Používají se dva typy:

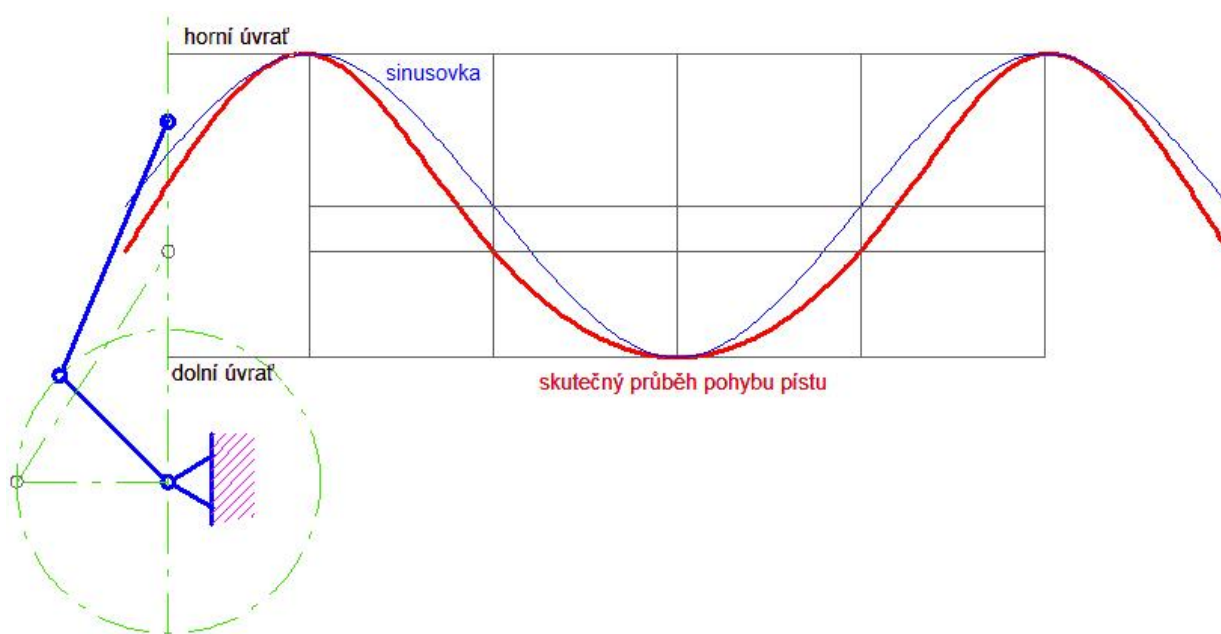
- úplný – používá se u dvojčinných pístových strojů např. u velkých lodních motorů



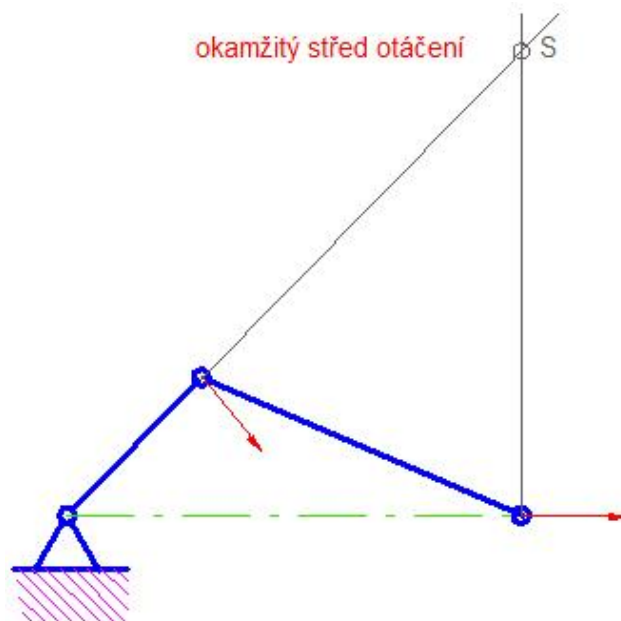
- zkrácený – používá se u jednočinných pístových strojů



Skutečný výsledný pohyb pístu není harmonický (sinusový). V dolní úvratí je pomalejší a v horní úvratí rychlejší. Proto se píst pohybuje v horní polovině zdvihu kratší dobu než v dolní. Čím použijeme kratší ojnici ke zdvihu pístu tím se rozdíl zvětšuje (využití pro prodloužení doby výplachu u dvoudobých podčtvercových motorů).

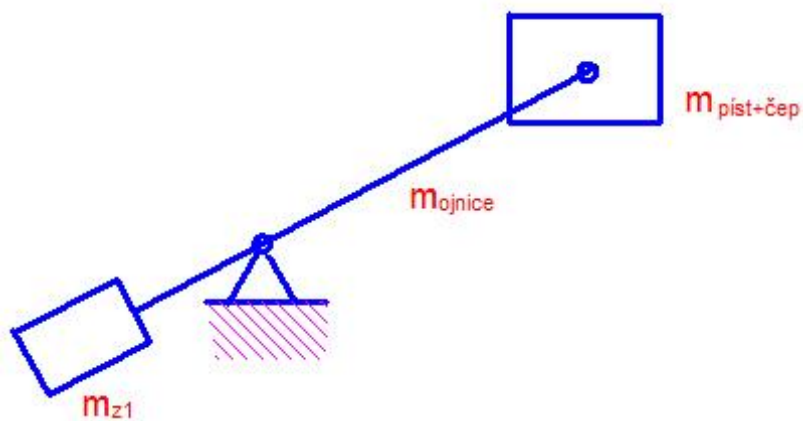


Skutečný pohyb ojnice je obecný rovinný pohyb – ojnice se v každém okamžiku otáčí podle okamžitého středu otáčení.

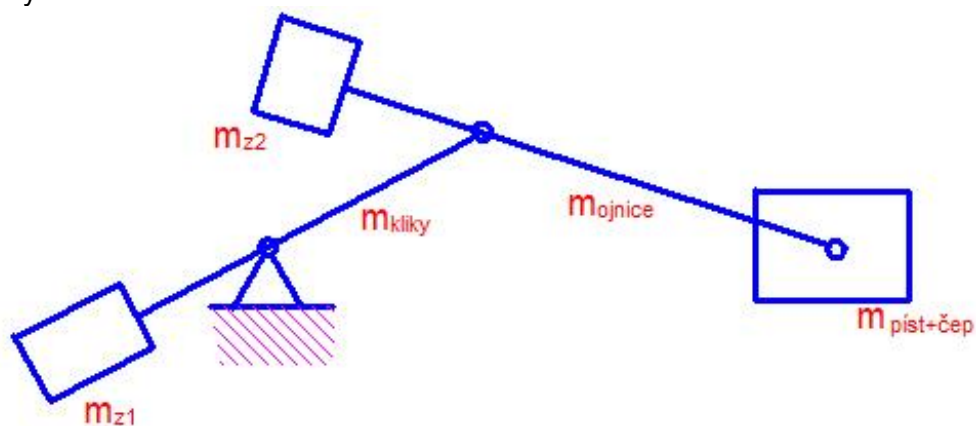


Vyvažování klikového mechanismu = umístění těžiště mechanismu do otočného středu :

- vyvážení ojnice (zjednodušené)

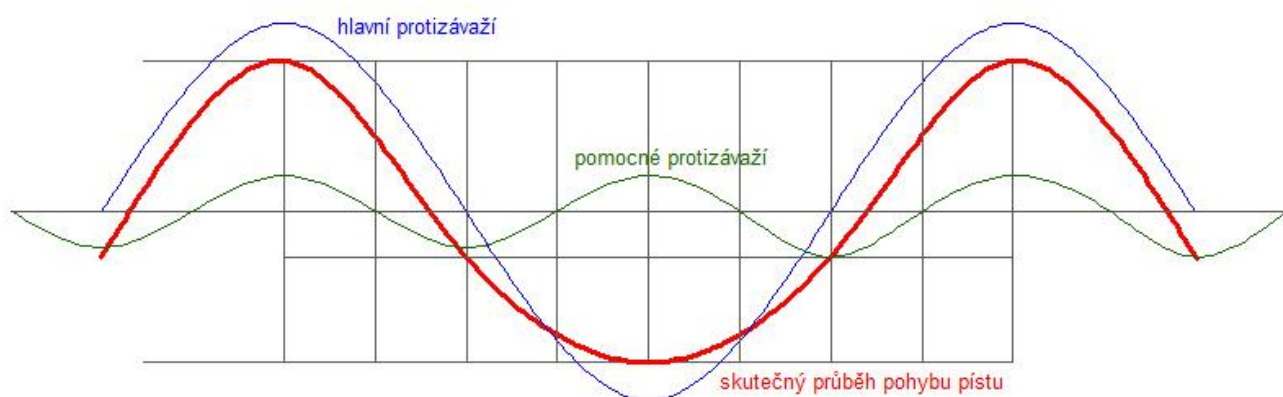
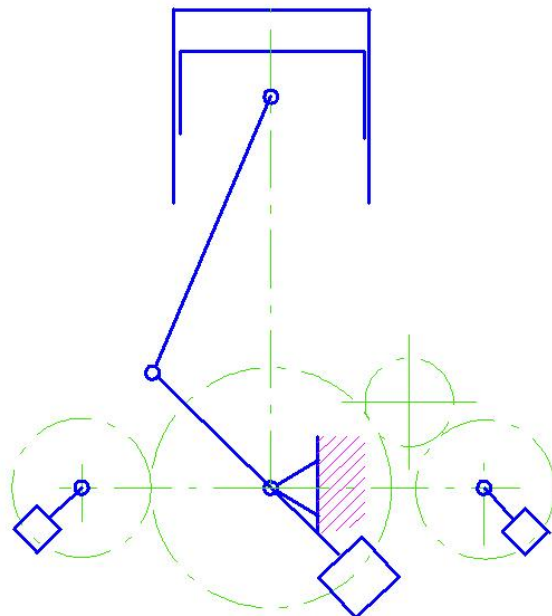


- vyvážení kliky



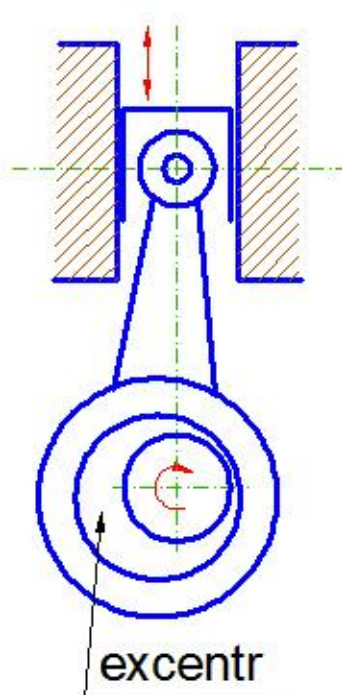


- vyvážení neharmonického pohybu pístu



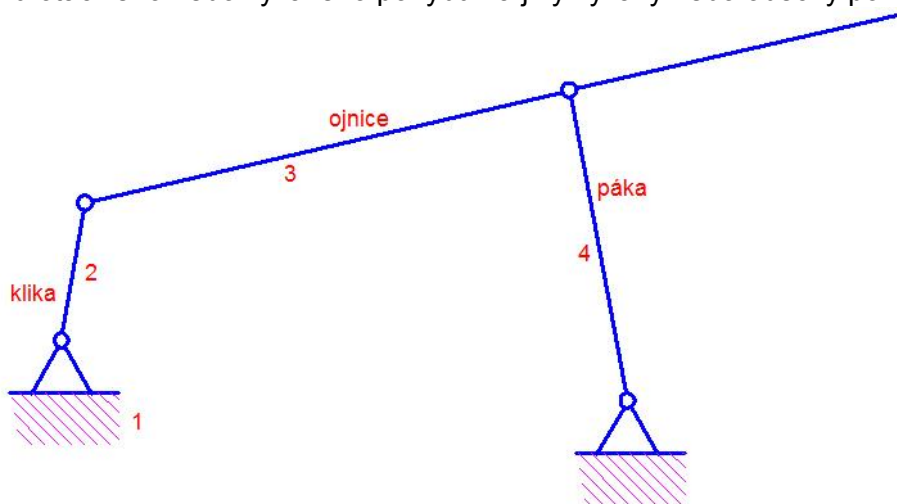
Výstředníkový mechanismus:

Je zvláštním případem klikového mechanismu s velmi malým zdvihem. Excentr bývá součástí výstředníkové hřídele nebo je na ni nalisován.

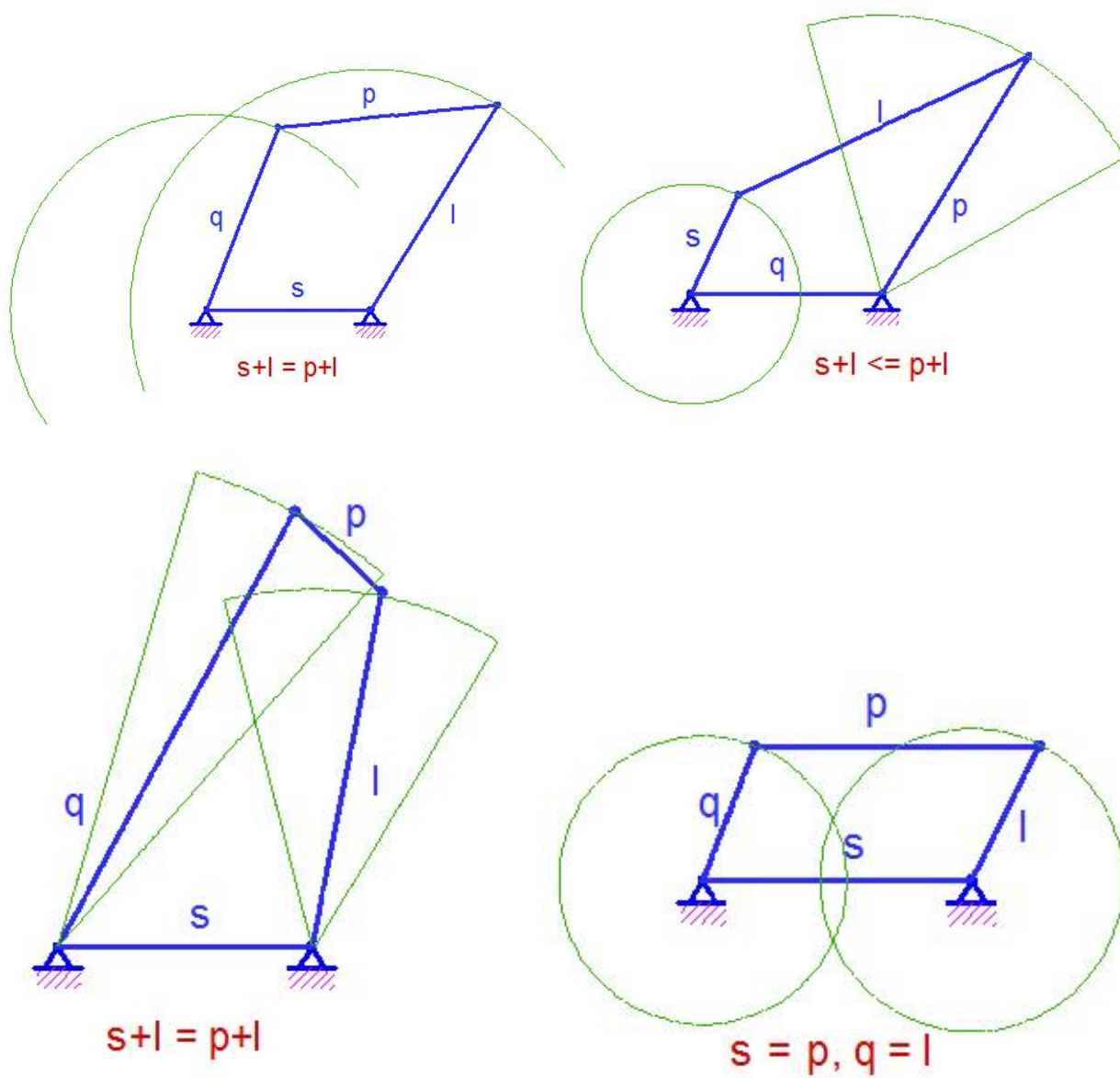


## Kloubové mechanizmy:

Umožňuje změnu otáčivého nebo kývavého pohybu na jiný kývavý nebo obecný pohyb.

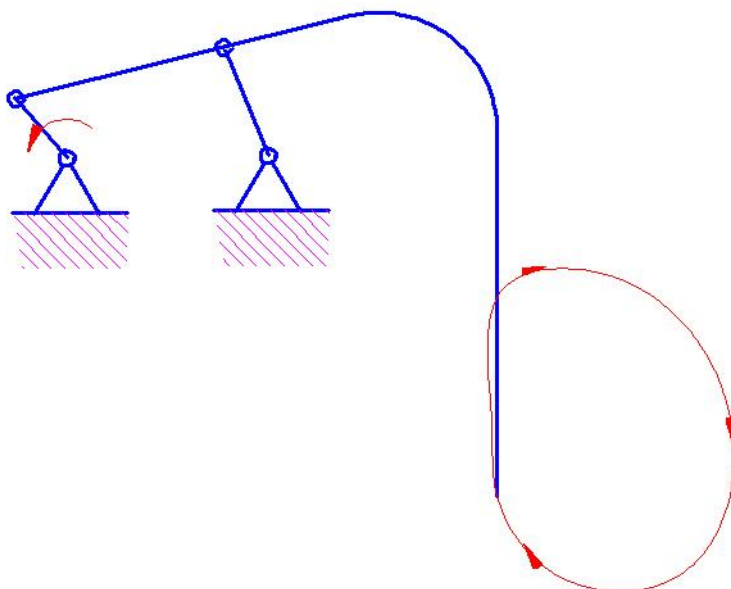


Základní 4 typy kloubových mechanismů:

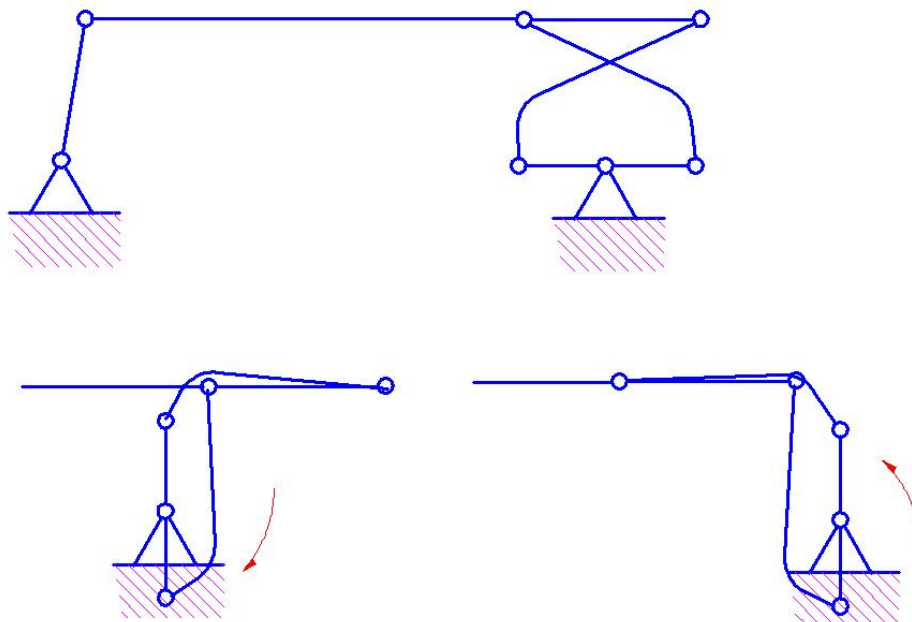


Prodávající konec ojnice může vykonávat složitý křivkový pohyb

a) Michadlo - hnětadlo:

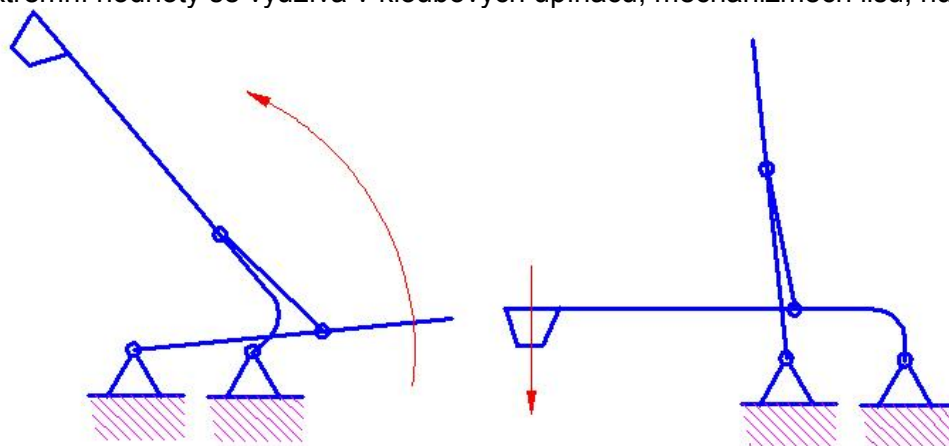


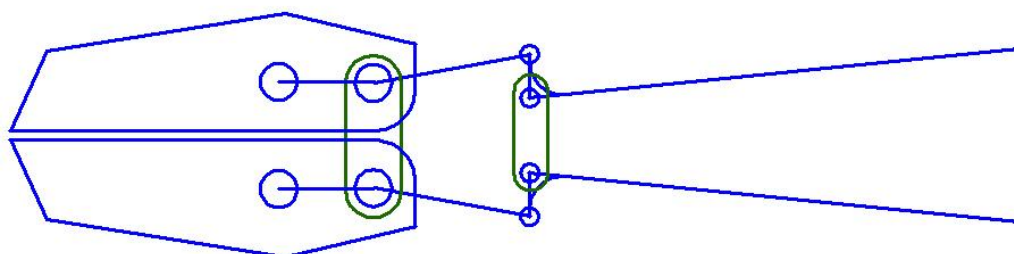
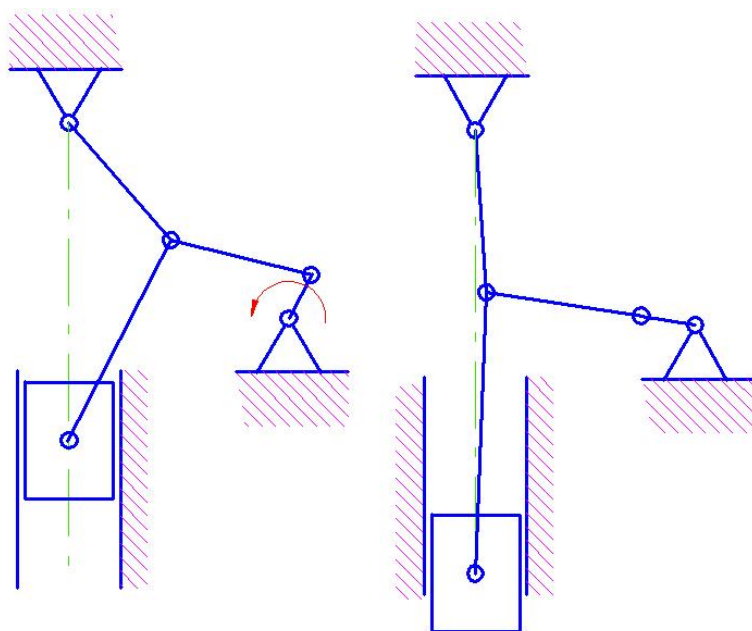
b) Výsledný kývavý pohyb páky (vahadla) je max. v rozsahu  $120^\circ$ . Pro zvětšení úhlu až k  $180^\circ$  je vhodné použít následující úpravu (stěrače vozidel s jedním stěračem).



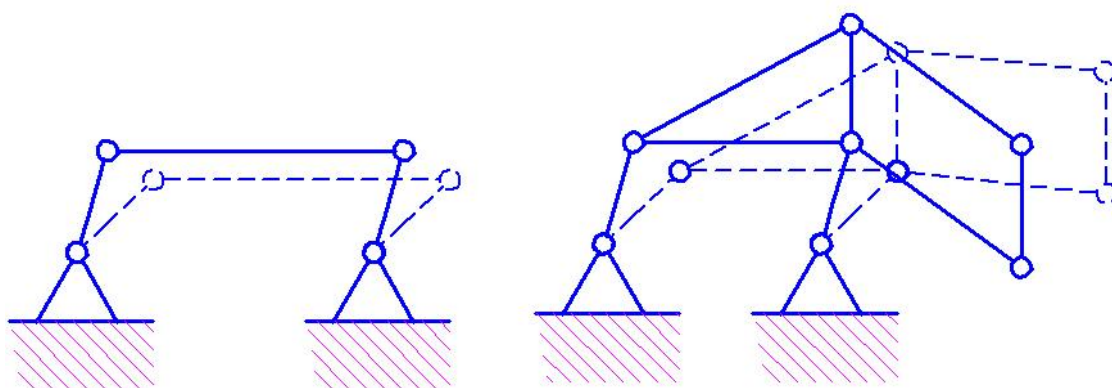
c) Silové poměry na klíce:

Největší převod mezi kroutícím momentem na klíce a silou v ojnici je v horní (dolní) úvratí pohybu kliky. Této extrémní hodnoty se využívá v kloubových upínačů, mechanizmech lisů, nůžek, ...

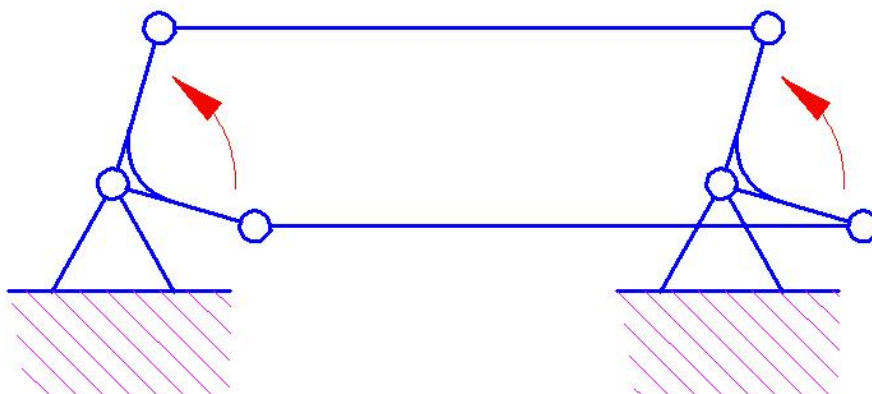




d) Paralelní kloubový mechanismus:  
Zajišťuje stálou (rovnoběžnou) polohu ojnice i při její libovolné pozici.

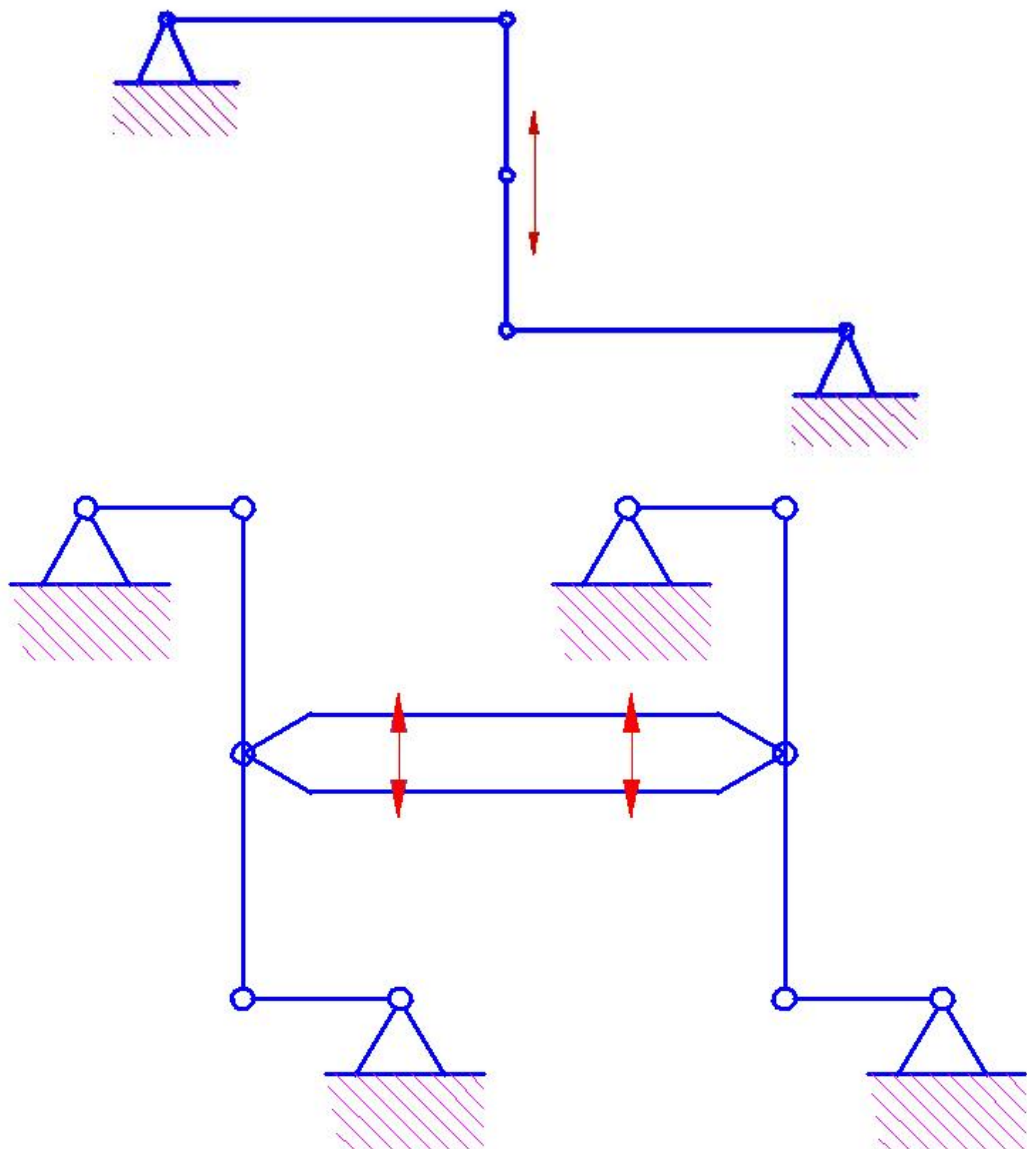


e) Dvojitý paralelní kloubový mechanismus:  
Zajišťuje synchronní otáčení obou klik (bylo používáno u parních lokomotiv při náhonu více náprav).



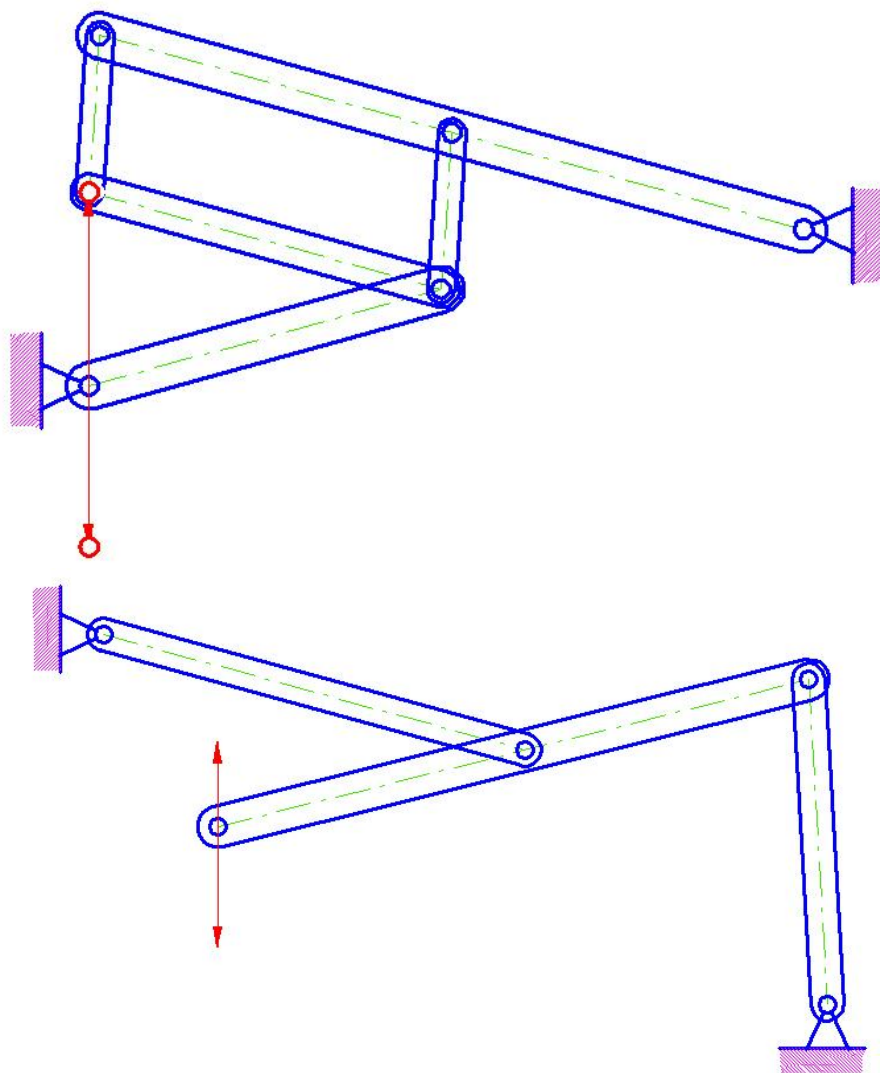
- f) Watův přímovod – antiparalelní mechanismus použitý pro přímočaré vedení pístu bez křížáku - zajišťuje přímočarý pohyb v omezeném rozsahu:

Na následujícím obrázku nahrazuje Panhardovu tyč – střed nápravy se pohybuje přesně svisle.

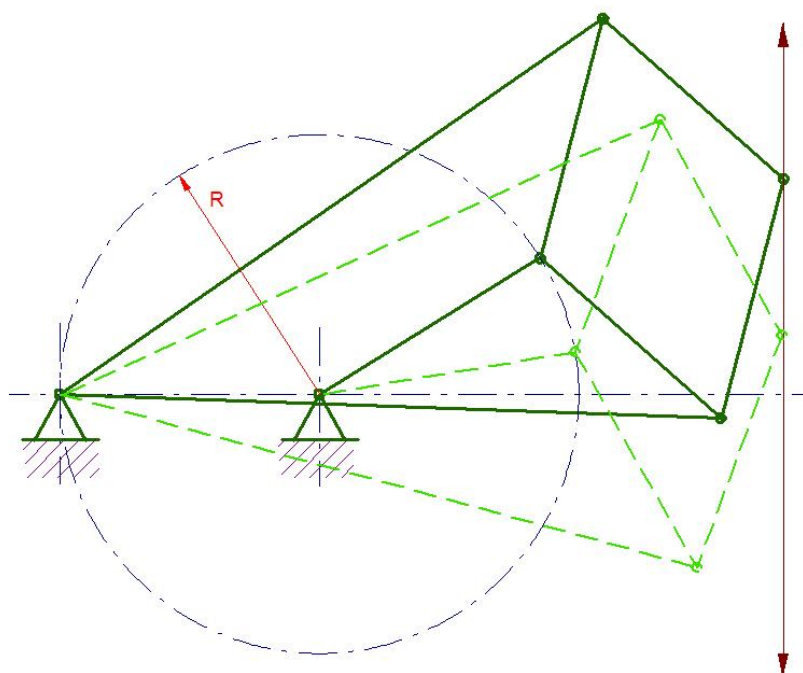


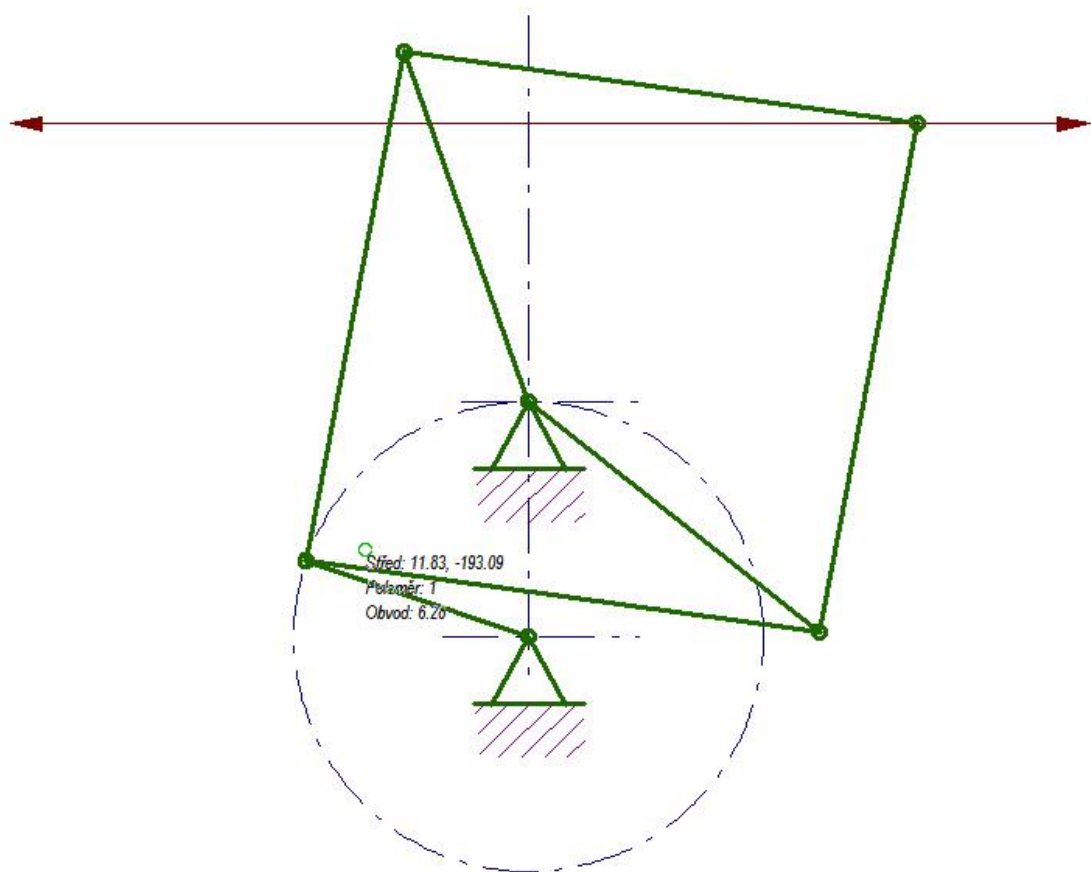


Další typy přímovodů:

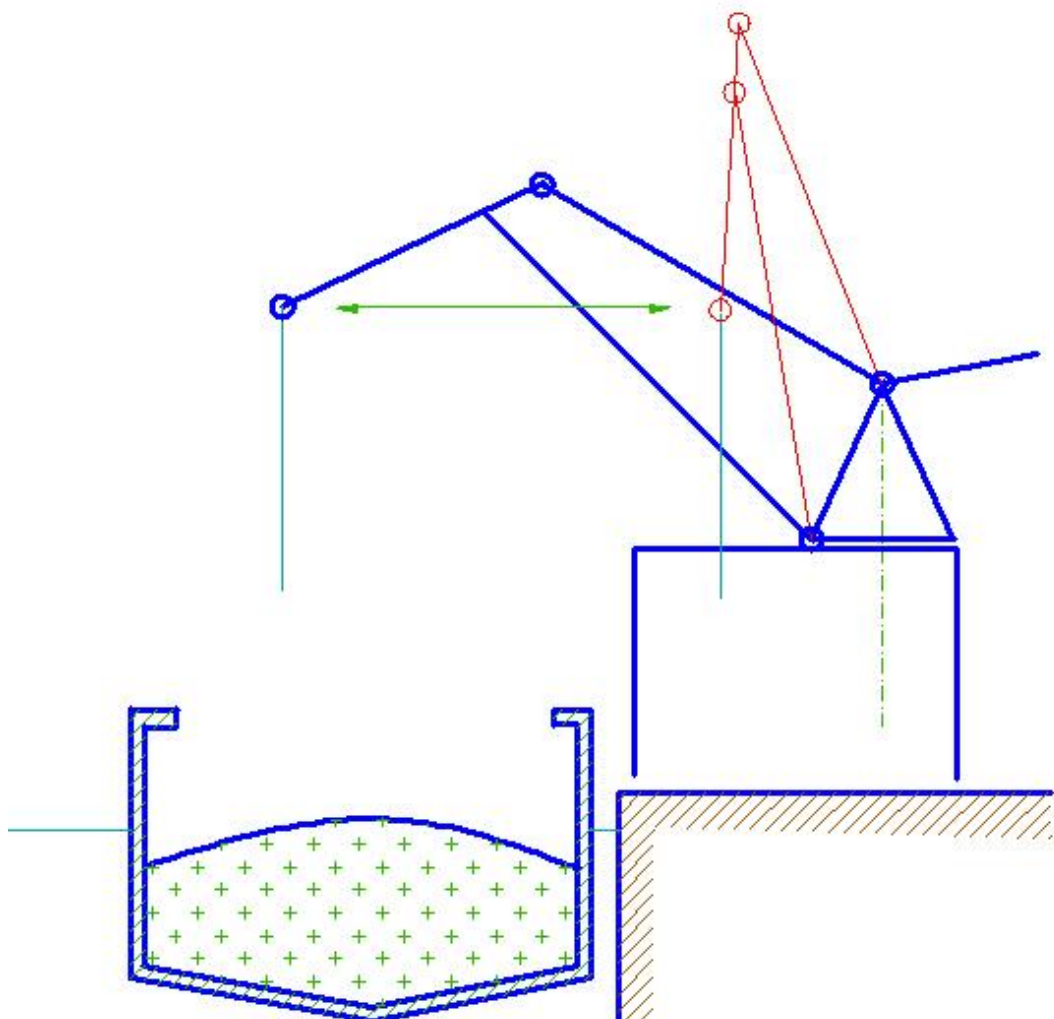


Peaucellierův:

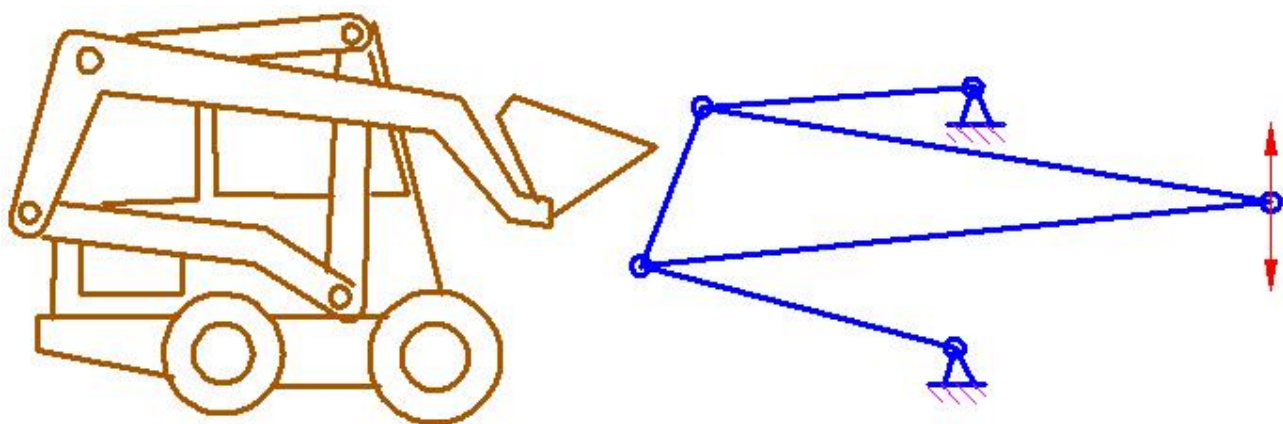




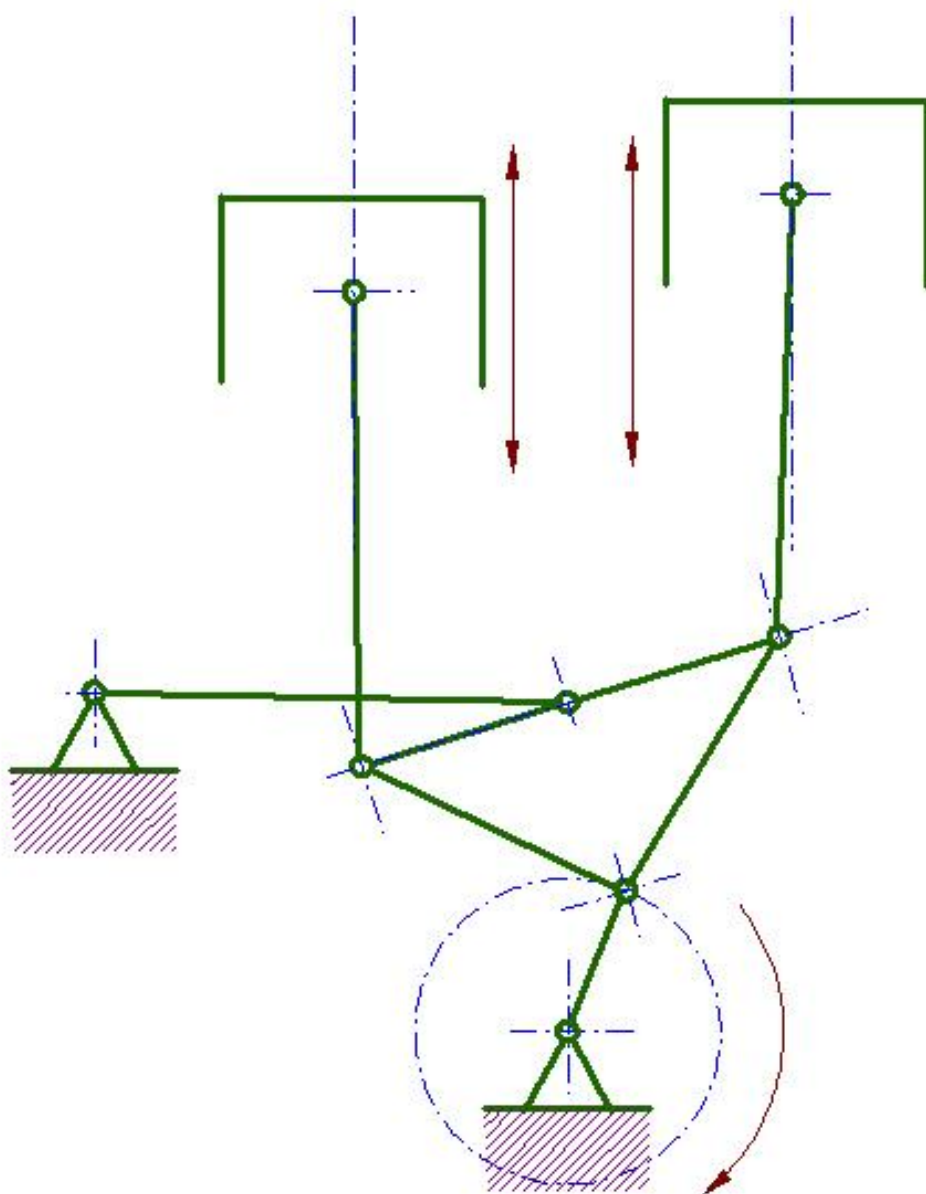
g) Přístavní jeřáb – s „vodorovnou“ (přímou) dráhou výložníku



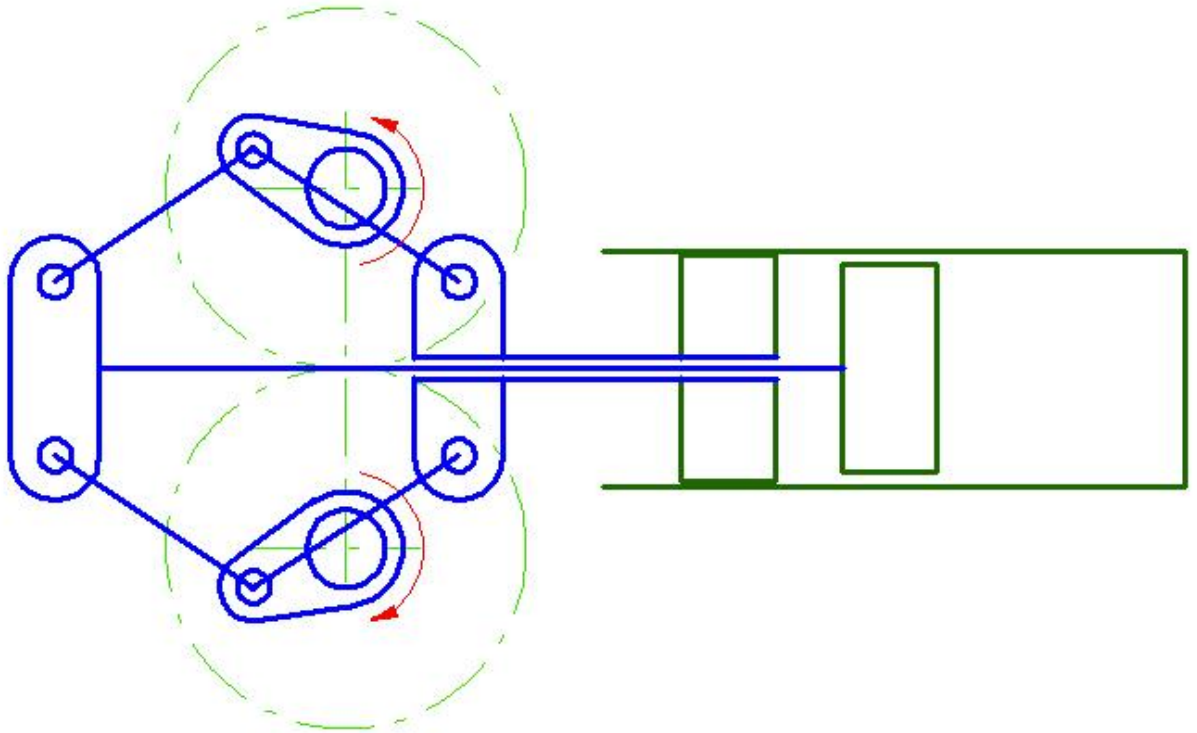
h) Mechanizmus nakladače



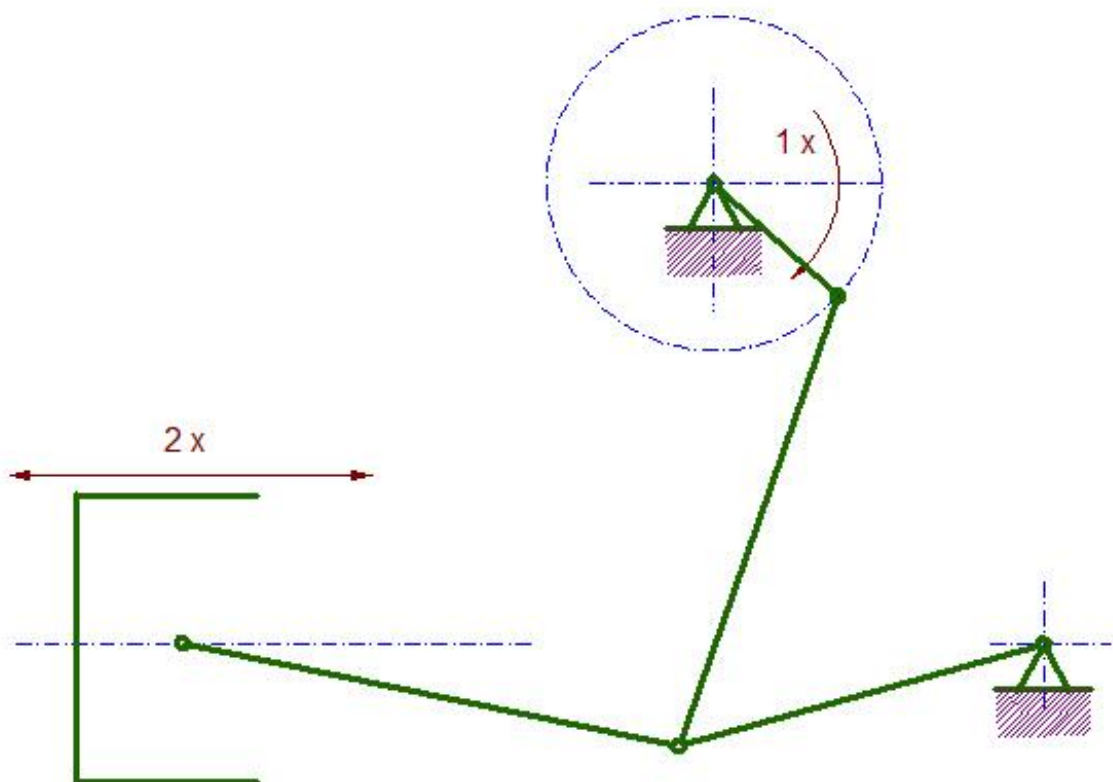
i) Rossův kývavý mechanismus - Stirlingův motor typu γ



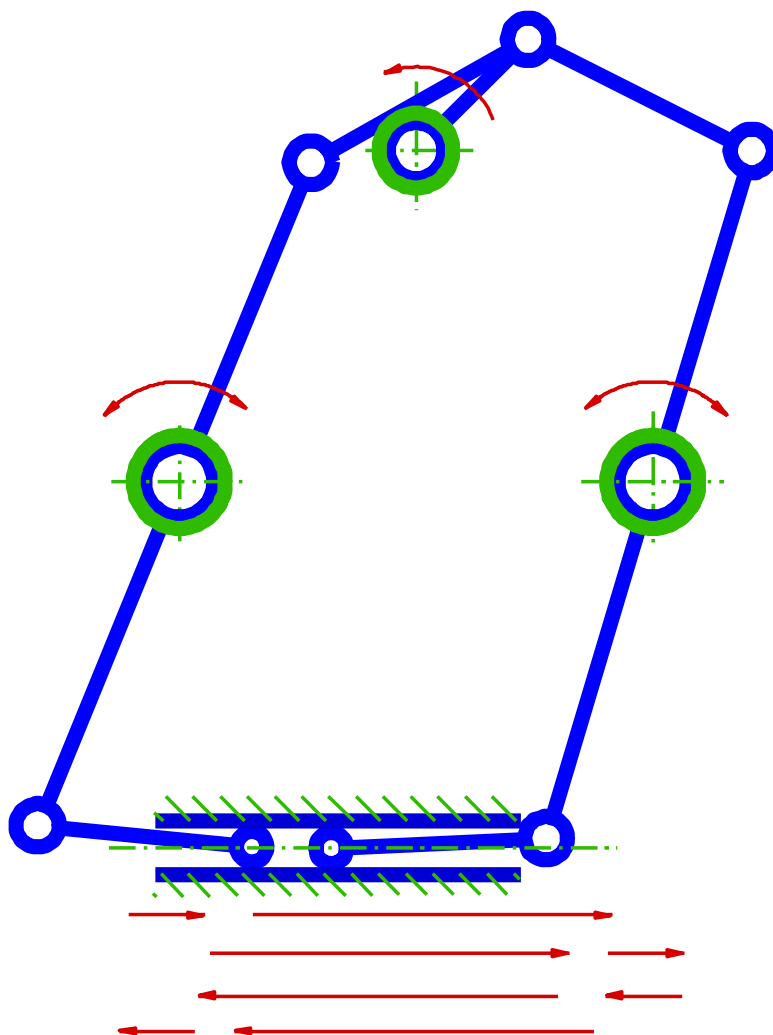
j) Kosočtverečný (rhombic) mechanismus - Stirlingův motor typu  $\beta$



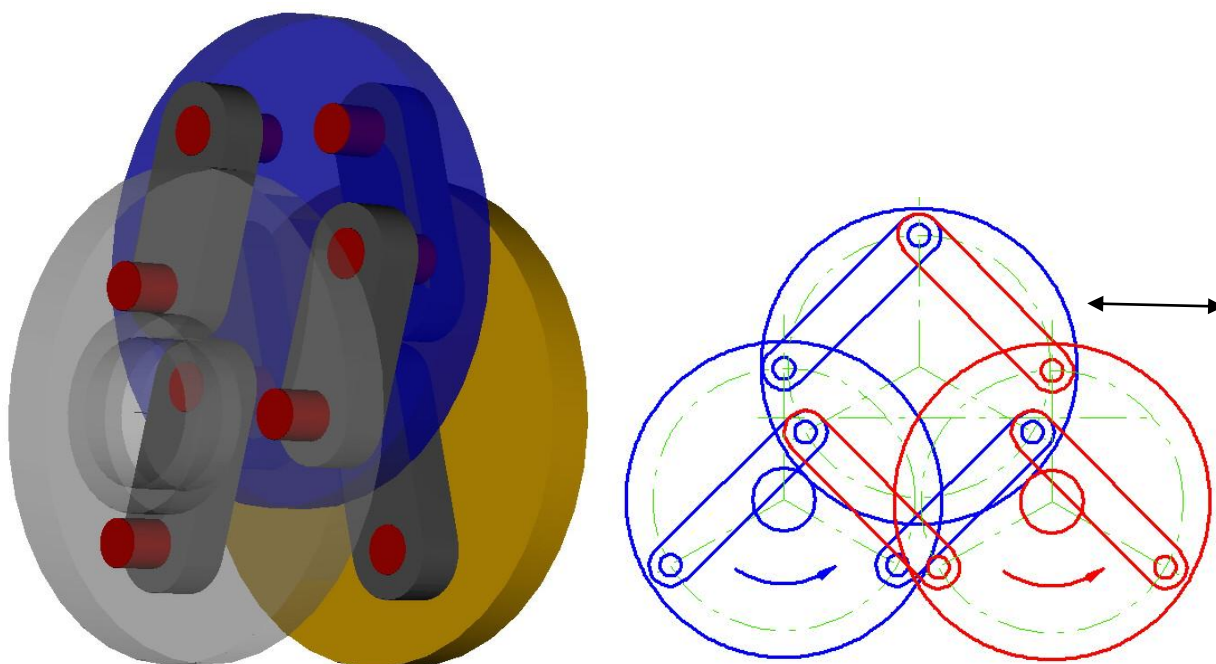
k) Atkinsonův 4-dobý mechanismus



l) Atkinsonův diferenciální mechanismus



m) Zdvojený trojnásobný paralelní kloubový mechanismus pro přenos kroutícího momentu mezi dvěma rovnoběžnými hřídeli, které se mohou od sebe vzdalovat



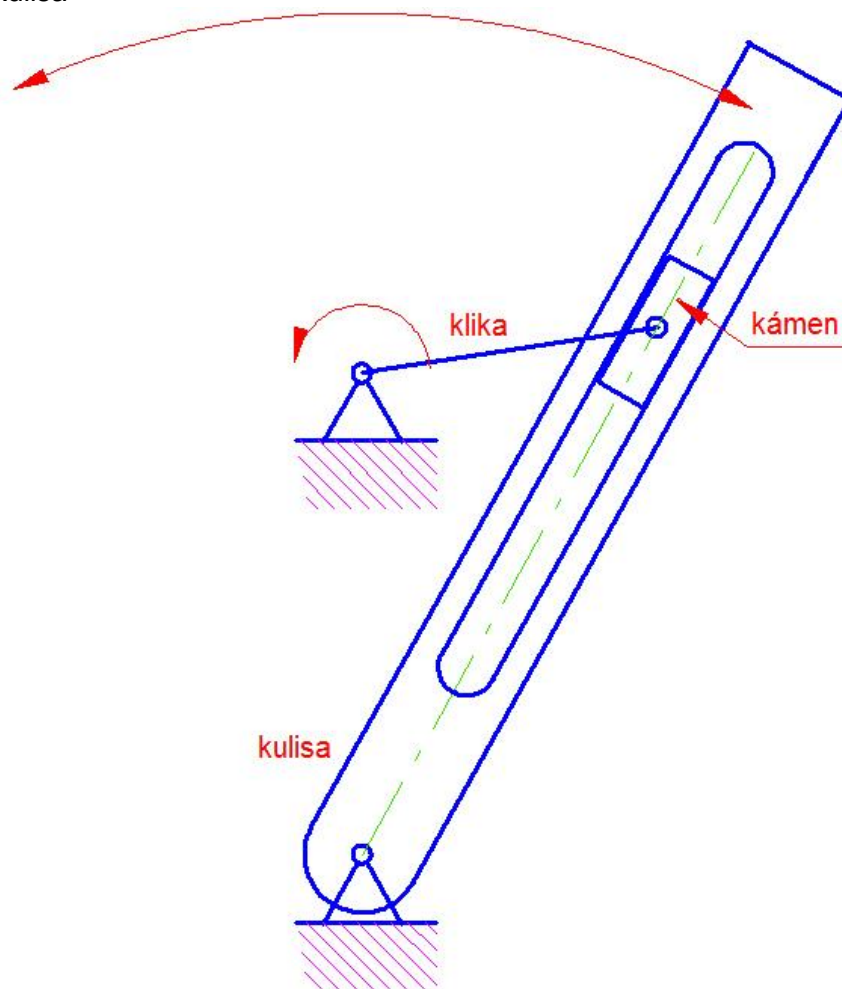


### Kulisové mechanismy:

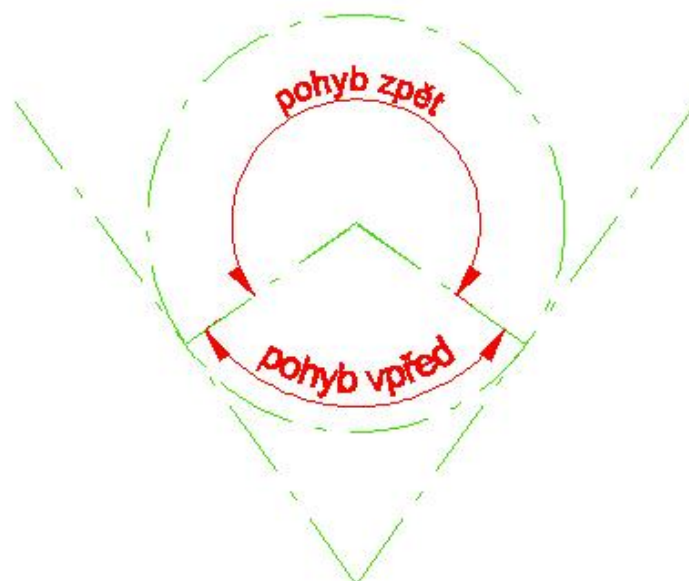
Transformují otáčivý pohyb v kývavý, posuvný vratný či nepravidelně otáčivý. Hlavní kinematickou dvojicí je kámen posuvný v kulise.

Podle způsobu zavěšení kulisy se mění výsledný pohyb.

#### a) Kývavá kulisa

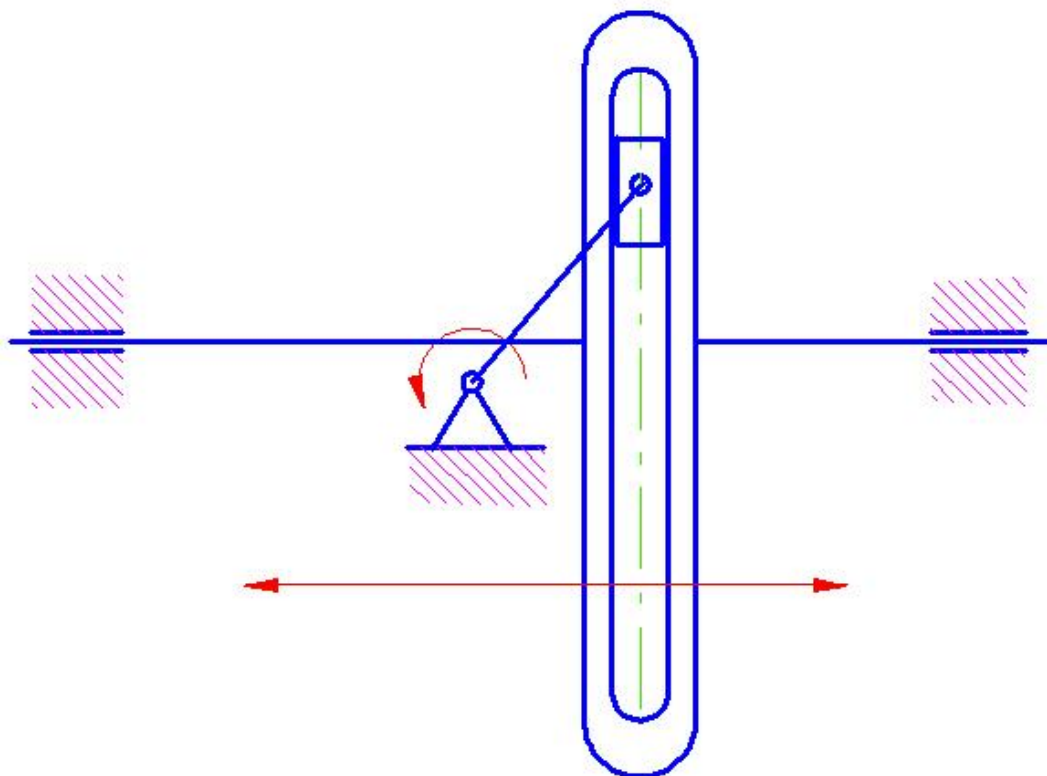


Kulisa nekoná plynulý kývavý pohyb, ale v horní úvratí kliky se pohybuje pomalu a dolní rychleji. Toho se využívá pro optimalizaci pohybu řezného nástroje obrážecích strojů, kde nůž jde do řezu pomaleji a rychle se vrací.

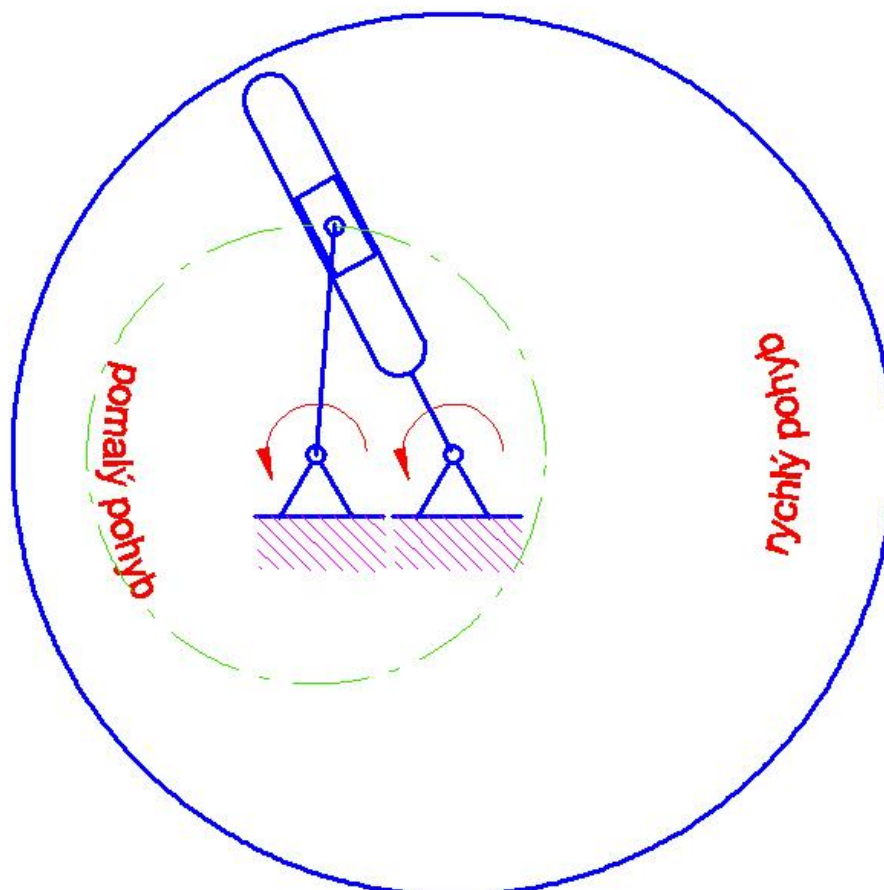


Vyvažování se provádí pouze na klice, a proto musí být takovéto stroje dobře zakotveny!

b) Harmonická (posuvná) kulisa  
Transformuje otáčivý pohyb na posuvný vratný harmonický (sínusový).

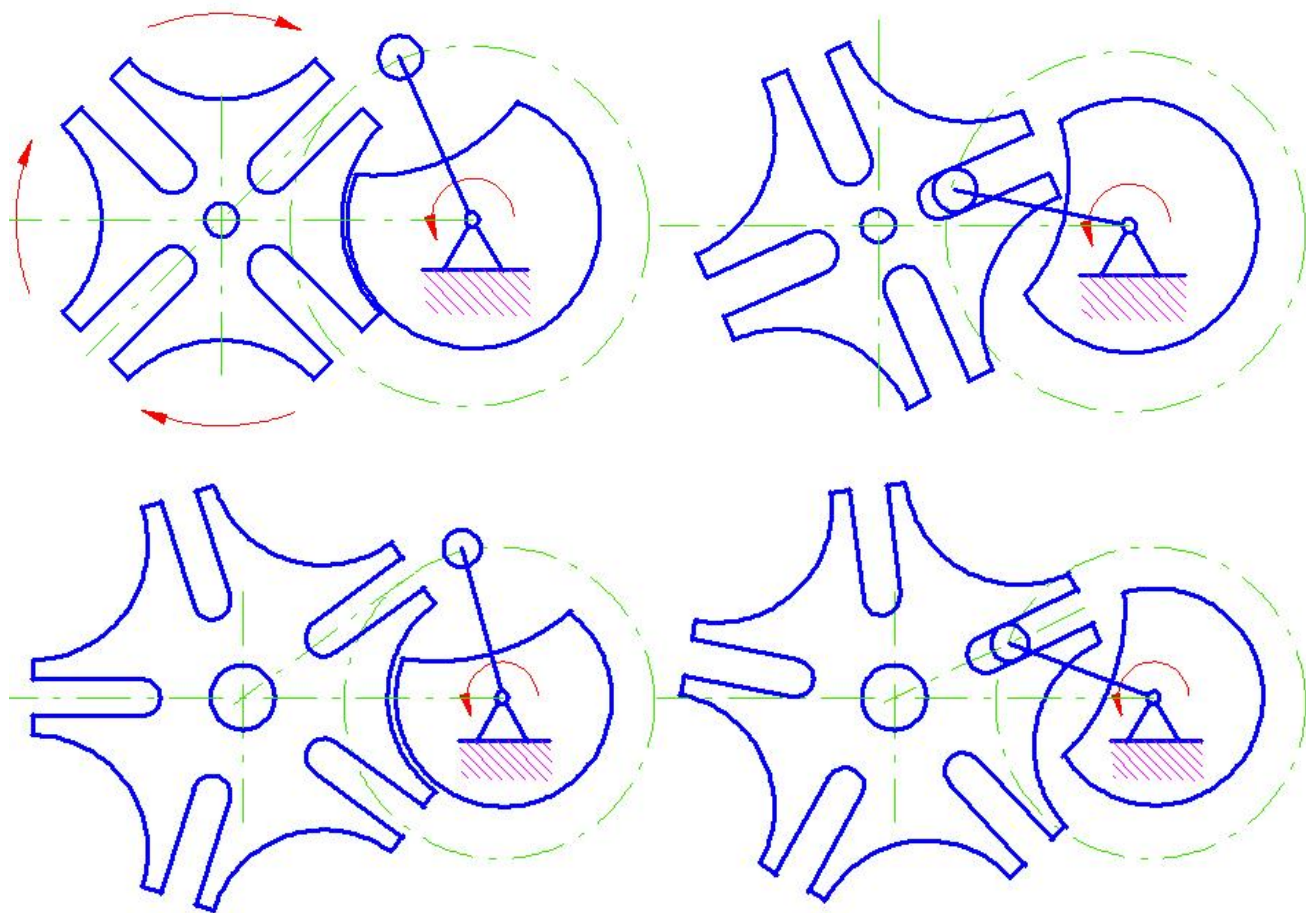


c) Excentrická (otáčivá) kulisa  
Transformuje otáčivý pohyb na nepravidelný otáčivý. Otočné zavěšení kulisy je uvnitř kružnice klikového čepu. Úhlová rychlost otáčení kulisy se plynule zvyšuje a opět zpomaluje.

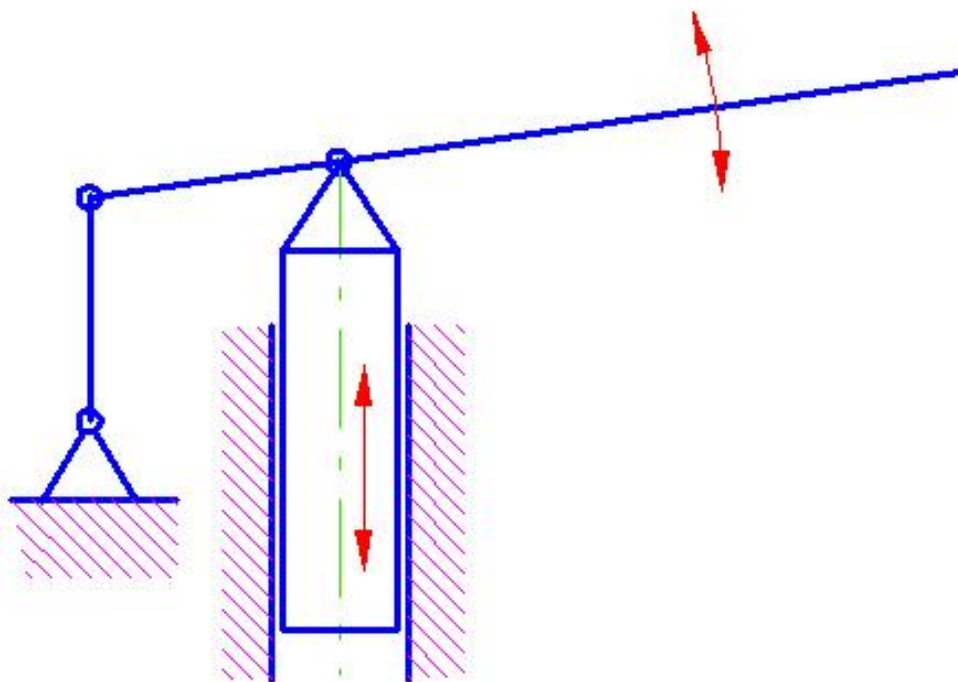


d) Několikanásobný kulisový (krokovací) mechanismus s maltézským křížem

Transformuje otáčivý pohyb na přerušovaný otáčivý. Použití filmové stroje, podavače v potravinářství, v balicí technice, ... Může mít od 4 do  $n$  zubů.

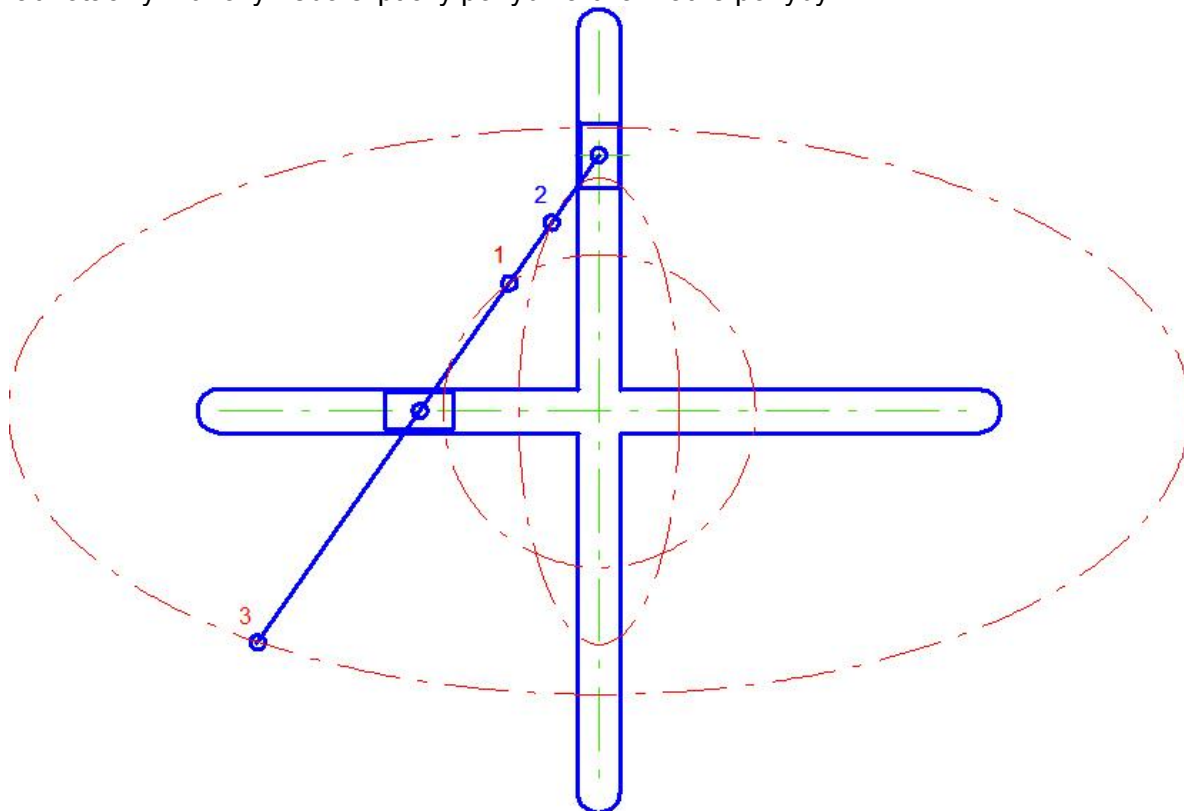


e) Pákový mechanismus čerpadel ručních hydraulických lisů. Transformuje kývavý pohyb na přímočarý vratný.

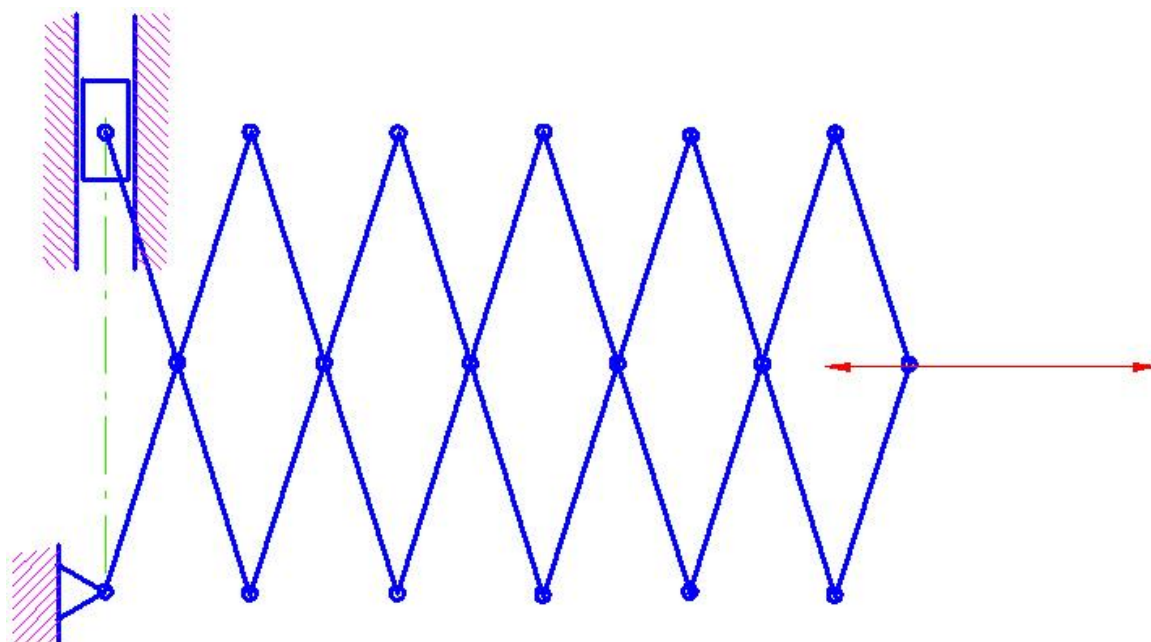


f) Posuvný klikový mechanismus

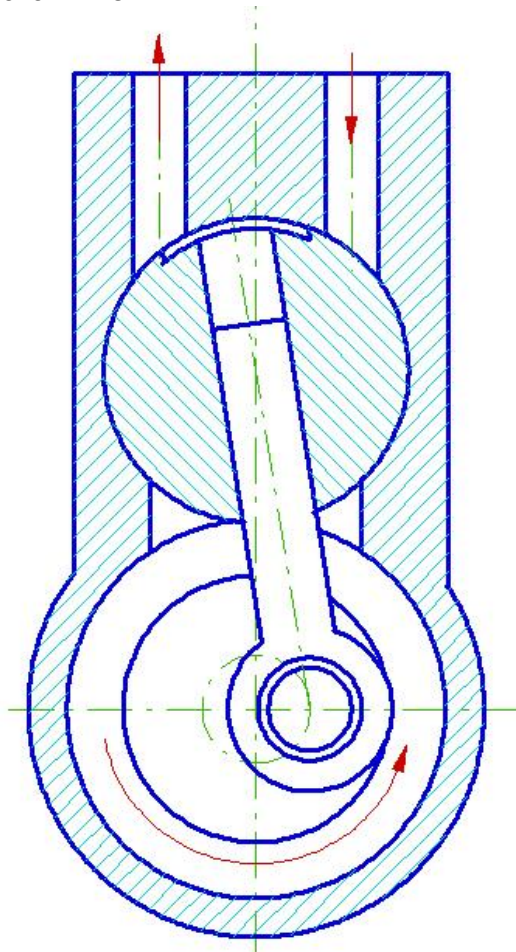
Převádí otáčivý kruhový nebo eliptický pohyb na dva vratné pohyby



g) Paralelograf



h) Čerpadlo s kulisovým mechanismem



**Vačkové mechanismy:**

Transformují otáčivý či přímočarý vratný na přímočarý vratný nebo kývavý.

Typy: - se zdvihákem - vykovává přímočarý vratný pohyb  
- s vahadlem – vykonává kývavý pohyb

- se smykovým třením na vačce – s talířkem  
- s valivým třením na vačce – s kladkou

- radiální vačka  
- axiální vačka

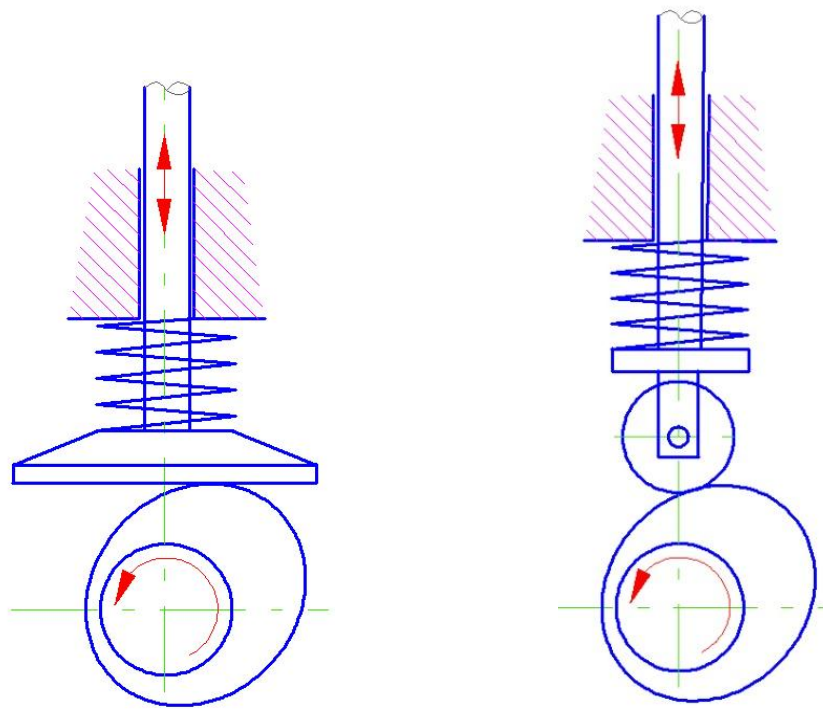
- s vratnou pružinou  
- desmodromická vačka

- s otočnou vačkou  
- s posuvnou vačkou – palcový mechanismus

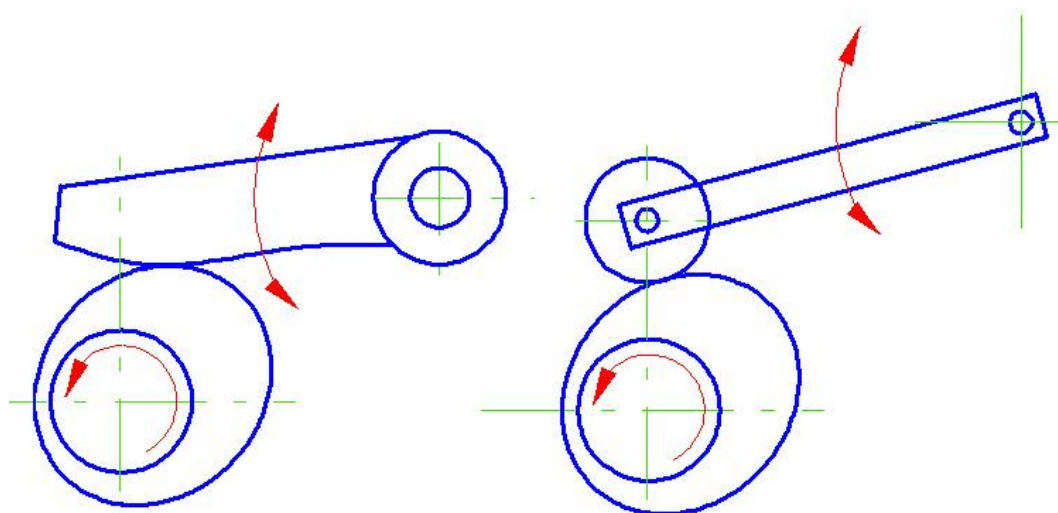
Výsledný pohyb je závislý na tvaru mechanismu, tvaru vačky ale i tvaru vahadla či zdvihátka.

- a) vačka s talířkovým zdvihákem
- b) vačka s kladkovým zdvihákem

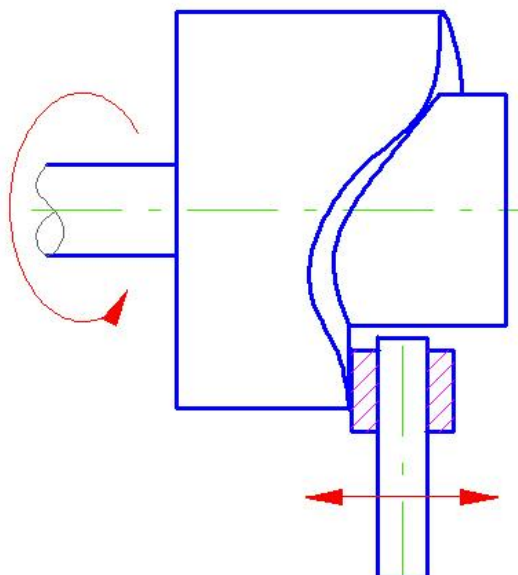




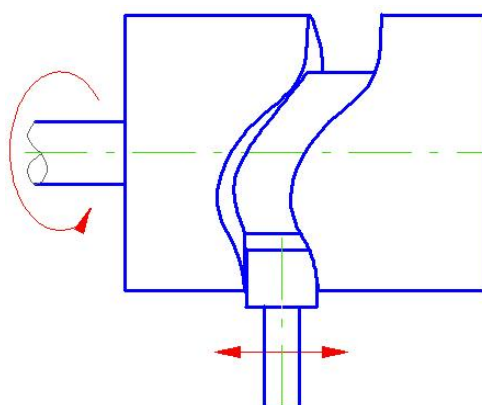
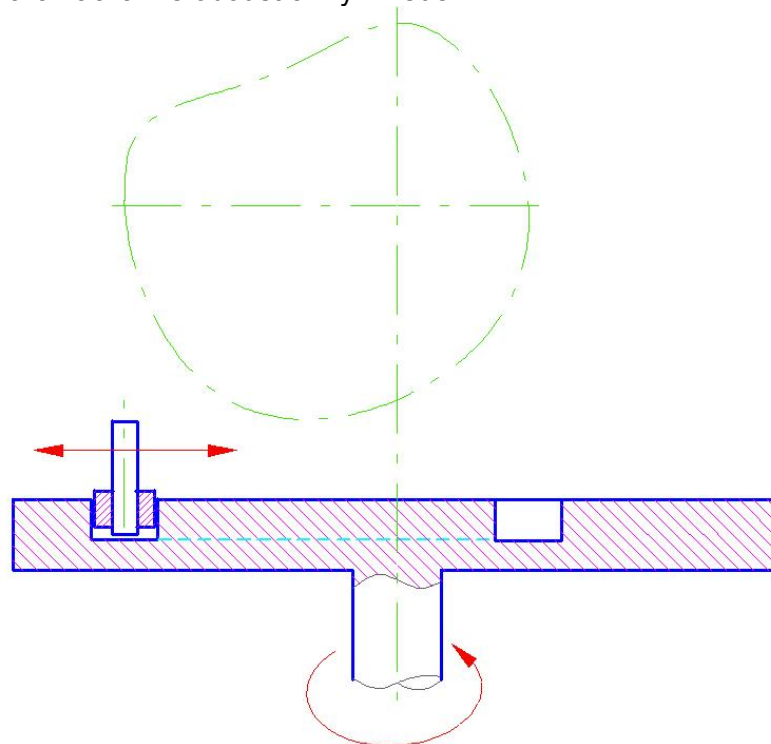
- c) vačka s klouzavým vahadlem
- d) vačka s kladkovým vahadlem



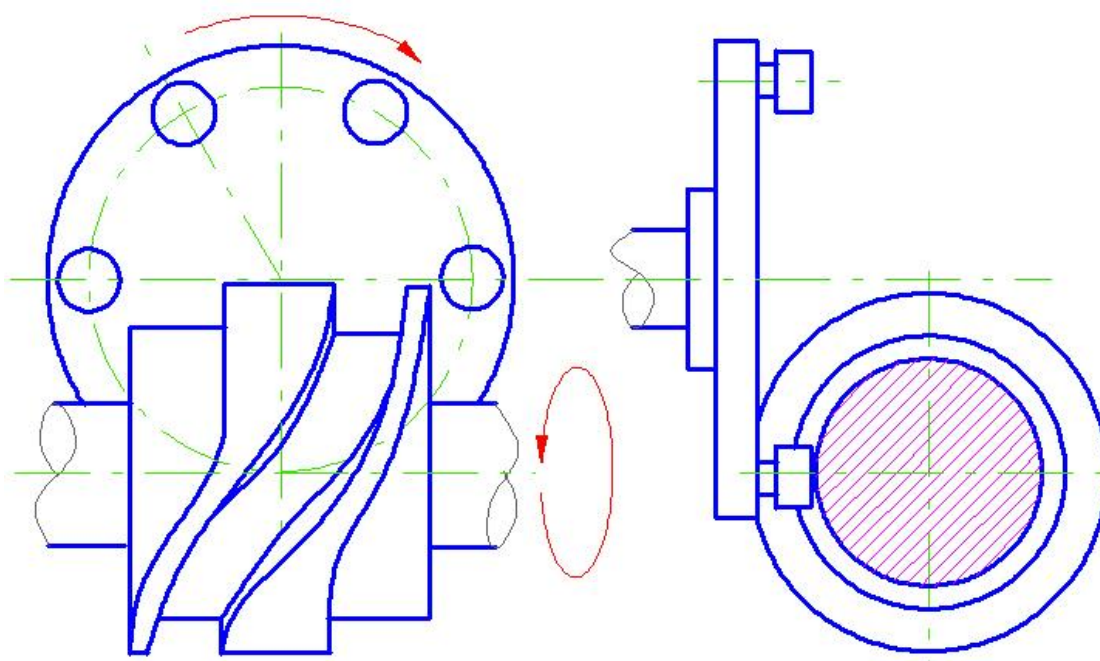
- e) axiální vačka



f) desmodromická vačka – s oboustranným vedením



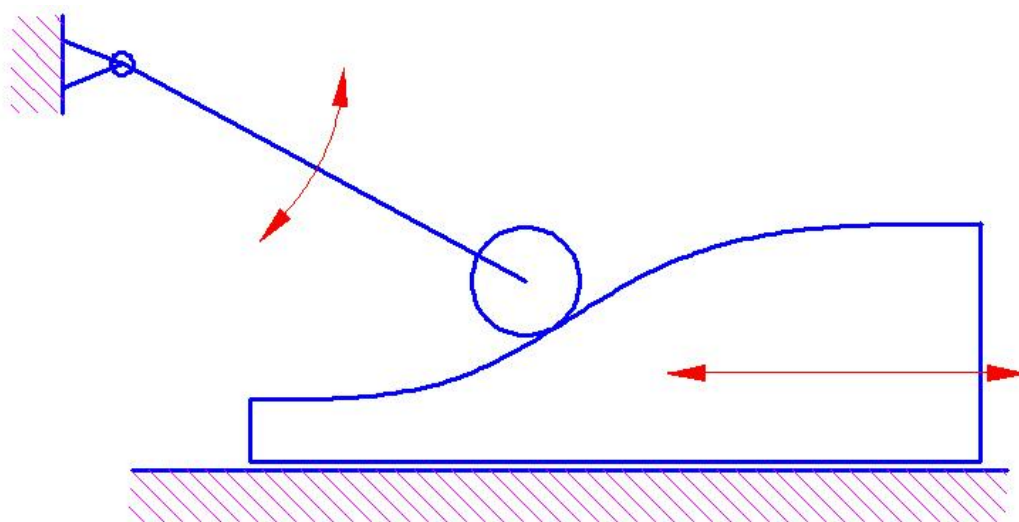
Desmodromická axiální vačka krokového mechanismu



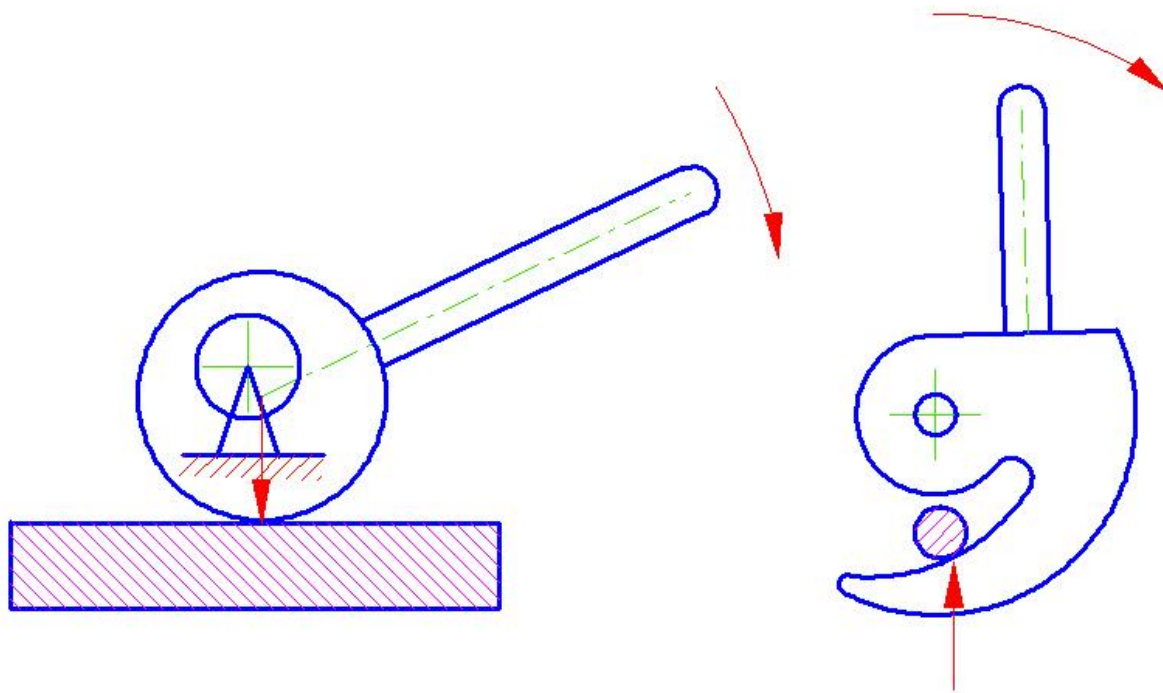
- g) Desmodromický mechanismus se dvěma vačkami – rozvodový mechanismus rychloběžných motorů (pružina nestíhá)



- h) Palcový mechanismus s kladkovým zdvihákem



- i) Excentrické rychloupínače – jako tvar vačky používají excentrickou kružnici



Výhody vačkových mechanismů:

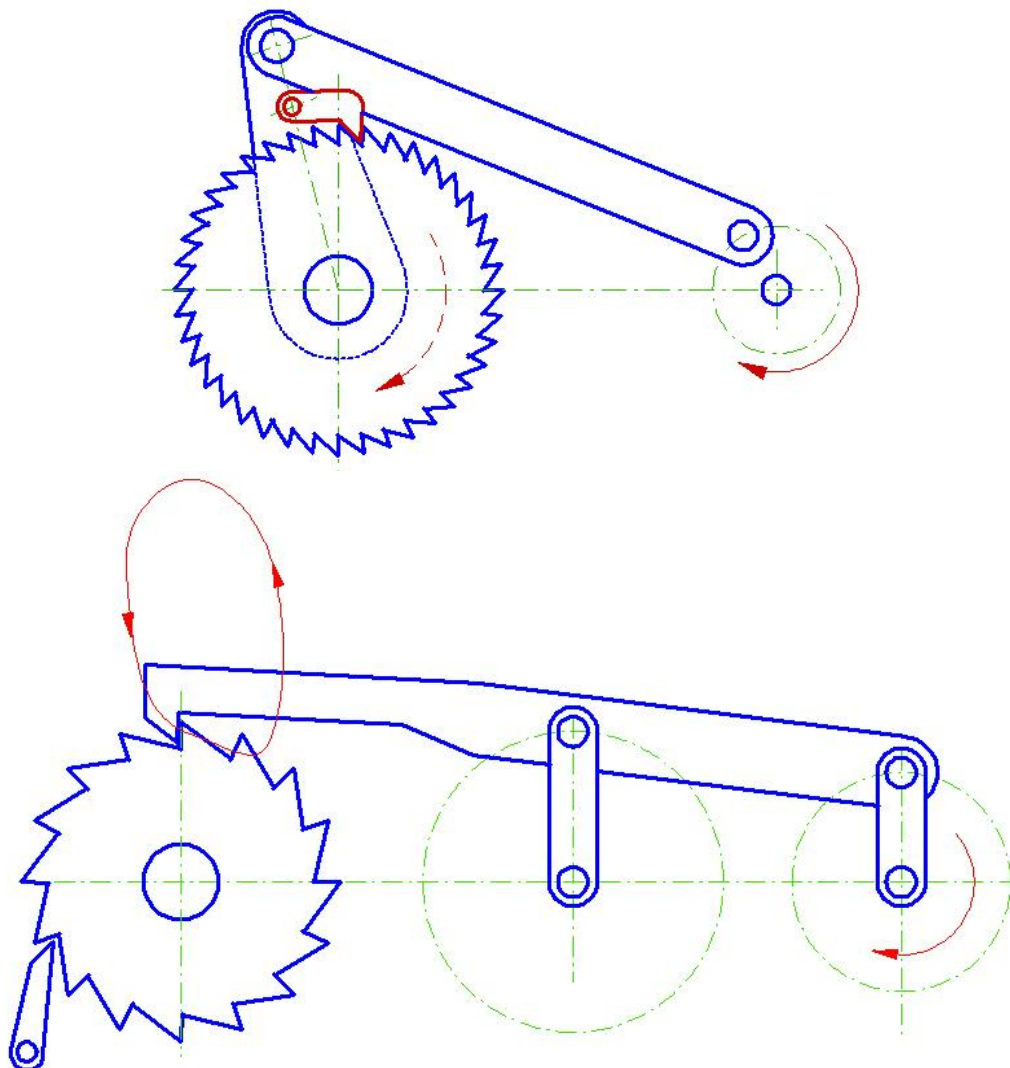
- přesné dodržení tvaru dráhy pohybu daného tvarem a rozměry vačky a dosedacího členu (kladky, talířku)
- pohyb hnaného členu (zdvihátka) je možno na potřebný čas zastavit při nadále plynulém pohybu hnacího členu (vačky)
- snadnost změny pohybových parametrů výměnou vačky s jiným profilem obvodu, drážky, povrchu.

Nevýhody vačkových mechanismů:

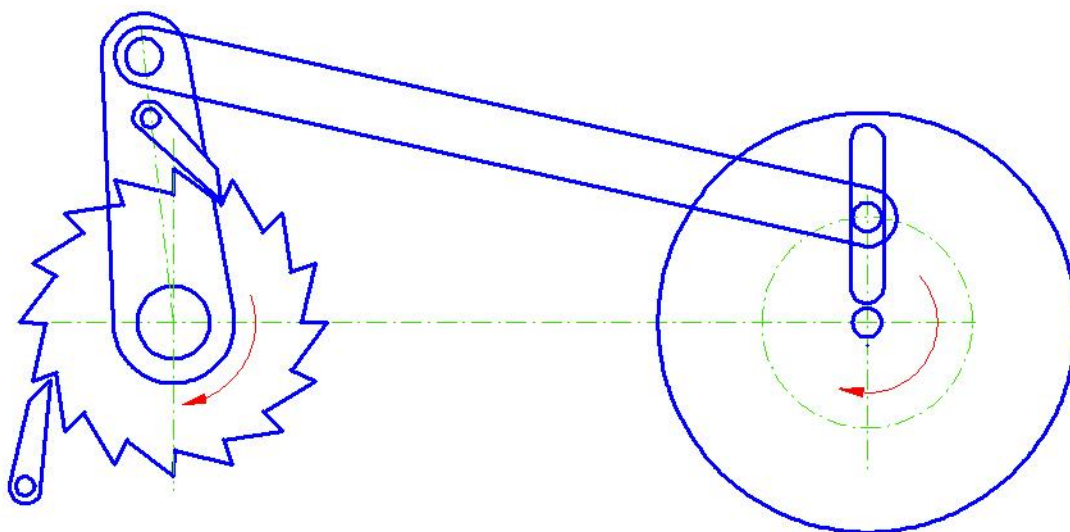
- obtížná vyrobiteľnosť a náročnosť na presnosť výroby - nepravidelné tvary vaček
- náhlé zmeny pohybových parametrov majú za následok pružné deformácie v členoch mechanizmu
- opotrebovávajúci stykové plochy
- nutnosť zajištění stálého dotyku zdvihátka s vačkou (buď konstrukcií vačky alebo pružinou)
- dodrženie vŕlí vyžaduje občasné seřizování vačkových mechanismů

## Rohákové (krokovací) mechanismy:

Převádí otáčivý pohyb v přerušovaný otáčivý. Krok je dán úhlem pohybu zubu západky. Seřizováním zdvihu lze krok zvětšit v násobcích. Pro plynulou nastavitelnost kroku je nutno použít třecí zdrž (volnoběžku). Pohyb hnaného hřídele je přerušovaný = s pauzami !

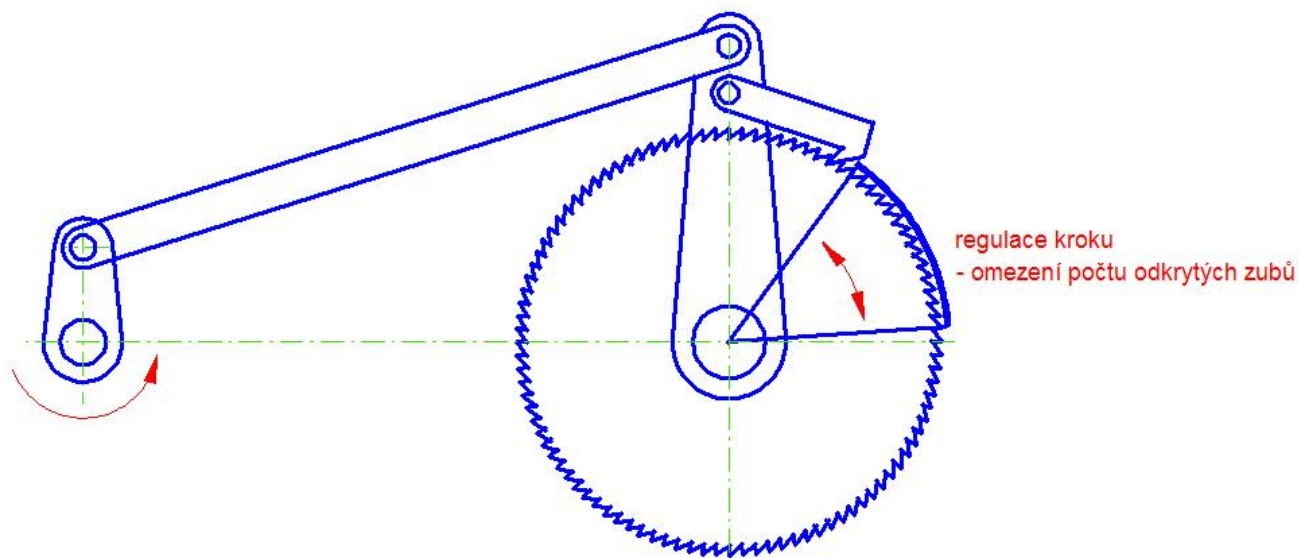


Regulace velikosti kroku změnou zdvihu klíky

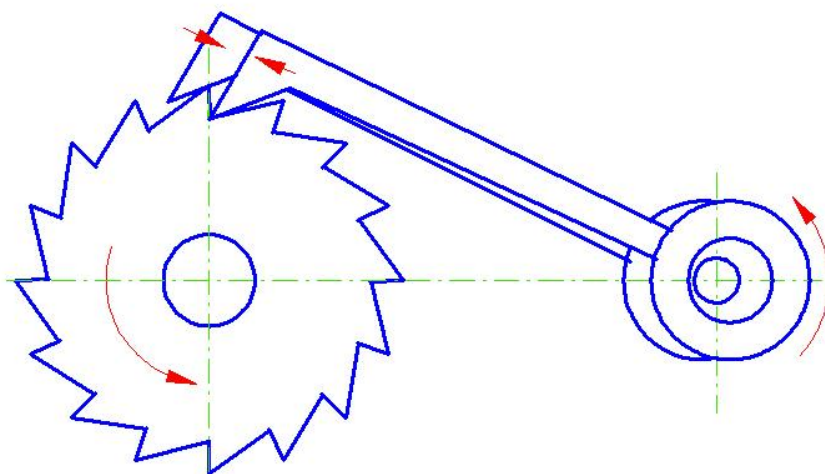




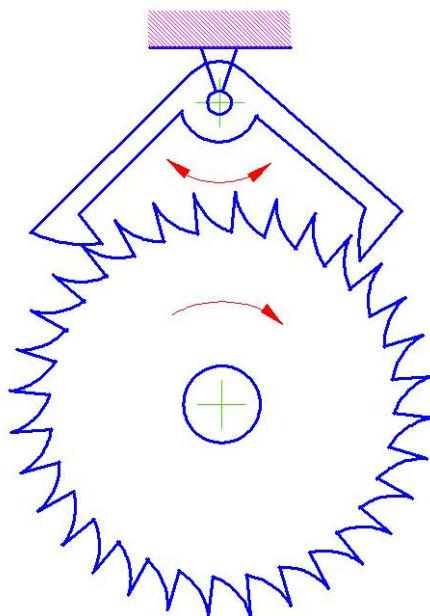
Regulace velikosti kroku omezením záběru západky pomocí stavitelného krytu rohatky



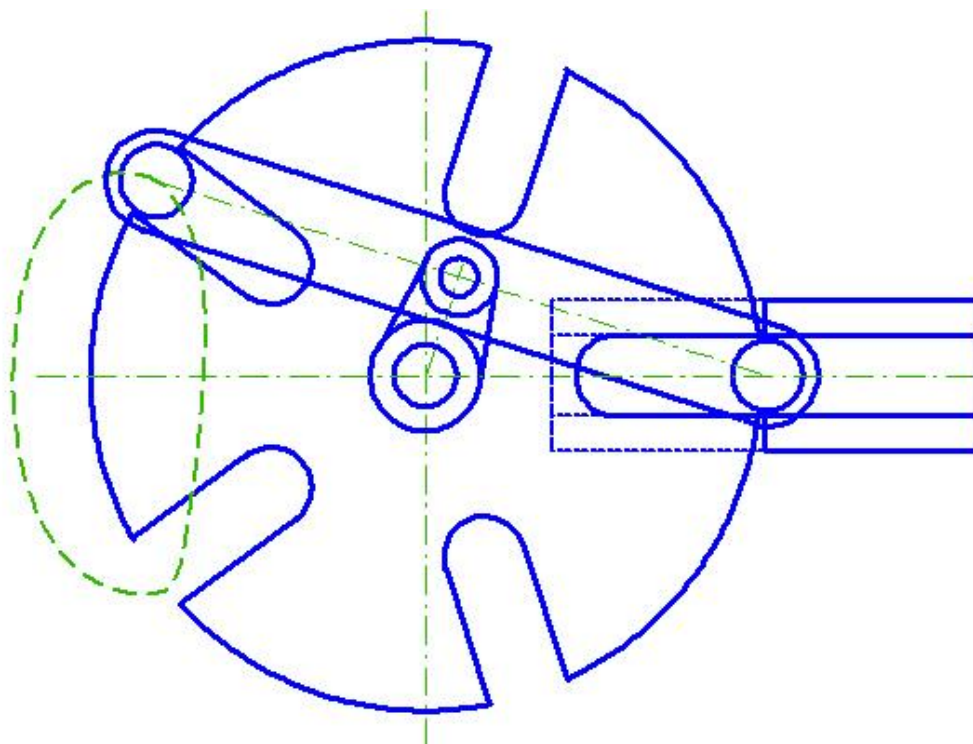
Mechanismus s dvěma protiběžnými excentry – s dvěma západkami (každá provádí zdvih o půl kroku) – zkracuje prodlevy v pohybu rohatky



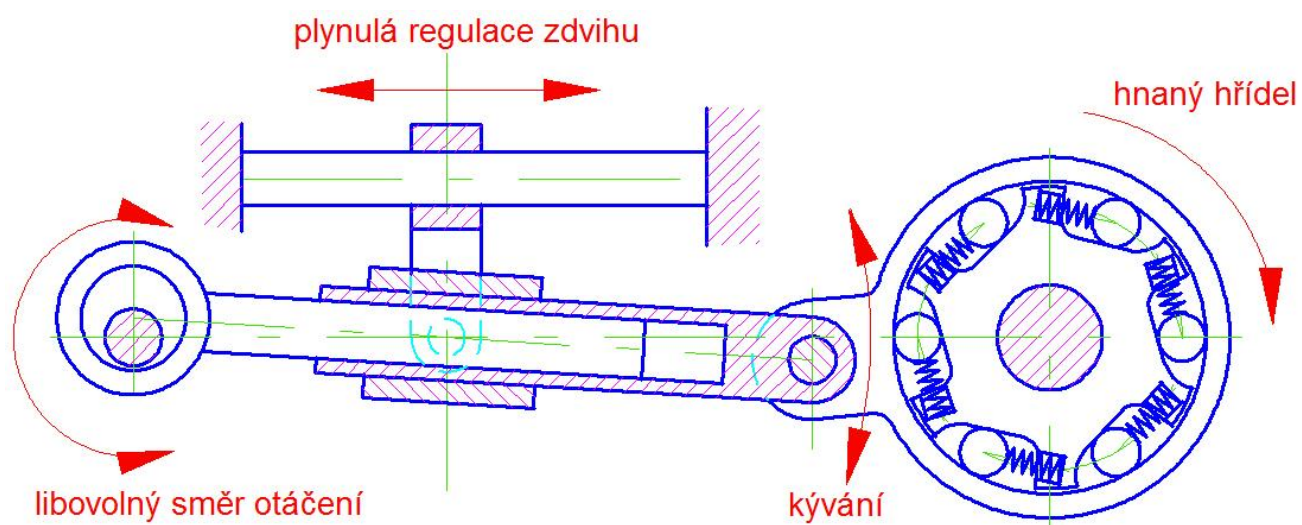
Hodinový stroj – kývavý pohyb převádí v otáčivý



Zajímavý krokový mechanismus se souosými hřídeli:



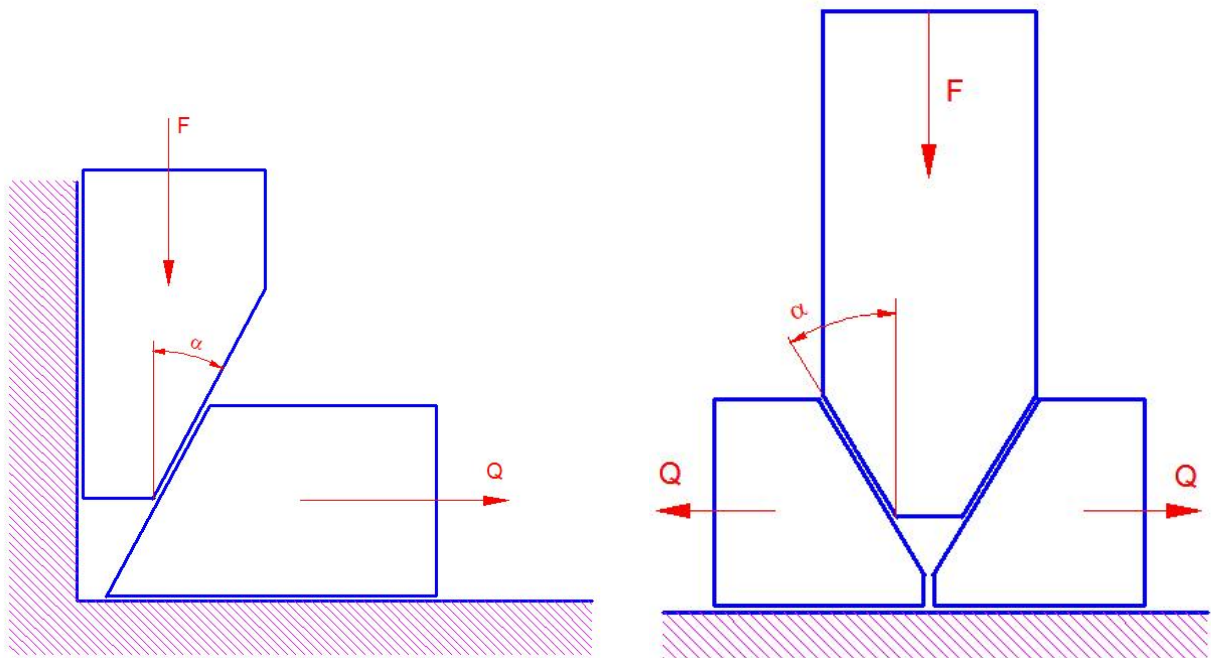
Příklad krokového mechanismu s plynule nastavitelným krokem



## Klínové mechanizmy:

Převádí přímočarý pohyb v přímočarý v kolmém směru pomocí nakloněné roviny. Obsahuje pouze posuvné kinematické dvojice.

Typy: - jednostranné  
- oboustranné



Používají se jako rychloupínače v hromadné výrobě.

Nedoporučuje se úhel sklonu větší jak  $45^\circ$ .

Síla zasouvací (vysouvací) pro jednostranný klín  $F_{1,2} = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha \pm 2\varphi)$

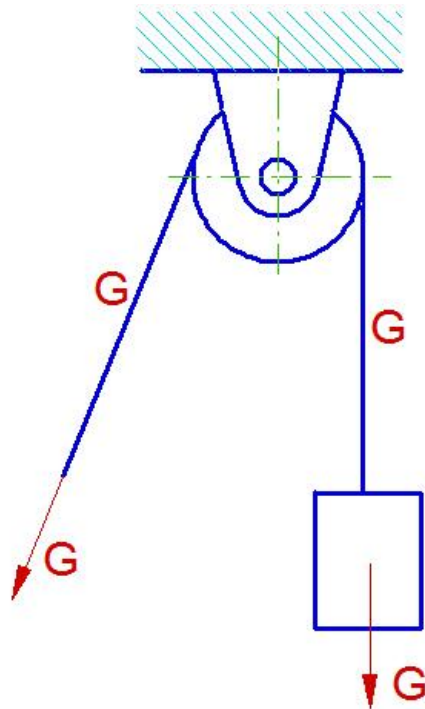
pro oboustranný klín  $F_{1,2} = 2Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha \pm \varphi)$

kde „ $\varphi$ “ je třecí úhel.

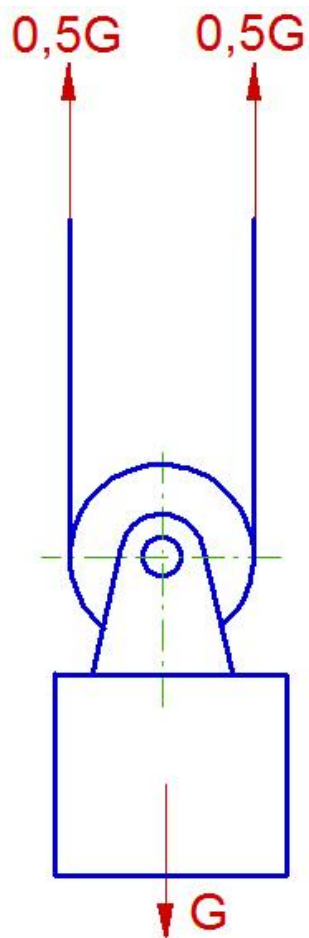
## Lanové mechanizmy:

Lanové mechanizmy mění směr pohybu a snižují výslednou rychlost pohybu. Obsahují kladky a lano. Kladka má všeobecné využití při zvedání těles a při změně směru a velikosti působení síly.

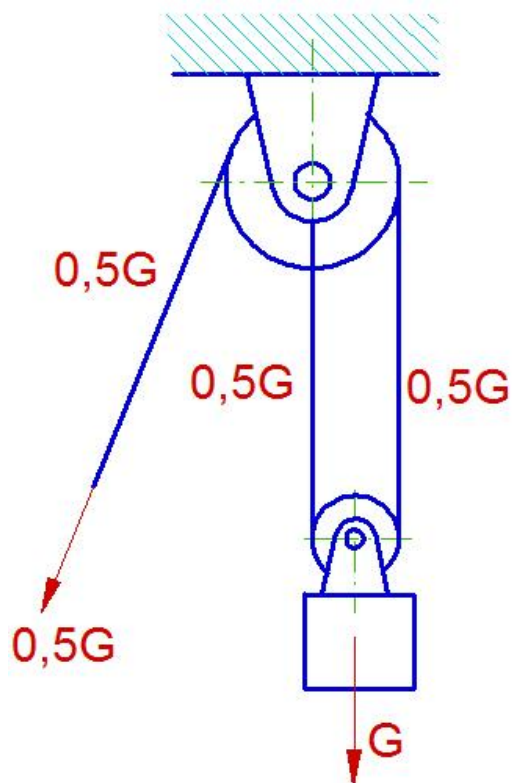
Pevná kladka:



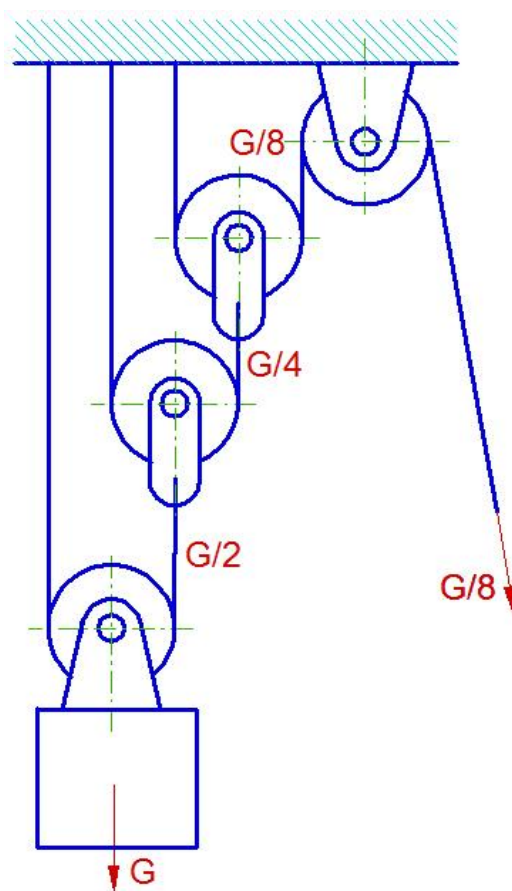
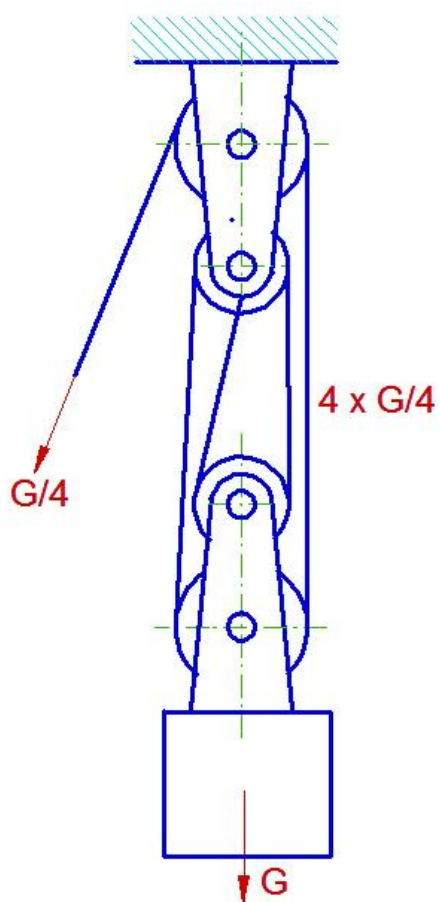
Volná kladka:



Kladkostroj je jednoduchý stroj, který vznikne spojením více kladek a to minimálně z 1ks kladky pevné a 1ks kladky volné. Výhody kladkostroje jsou, že sníží na polovinu sílu v tažném laně a to díky kladce volné. Další výhodou je, že směr síly můžeme změnit a to díky kladce pevné.



Při vícenásobném použití pevných a volných kladek (obecný kladkostroj), se síla v laně sníží podle vzorce  $F = \frac{G}{2 \cdot n}$  kde „n“ je počet volných kladek. Archimédův kladkostroj  $F = \frac{G}{2^n}$ .





## Tekutinové mechanizmy:

## Pneumatické mechanizmy:

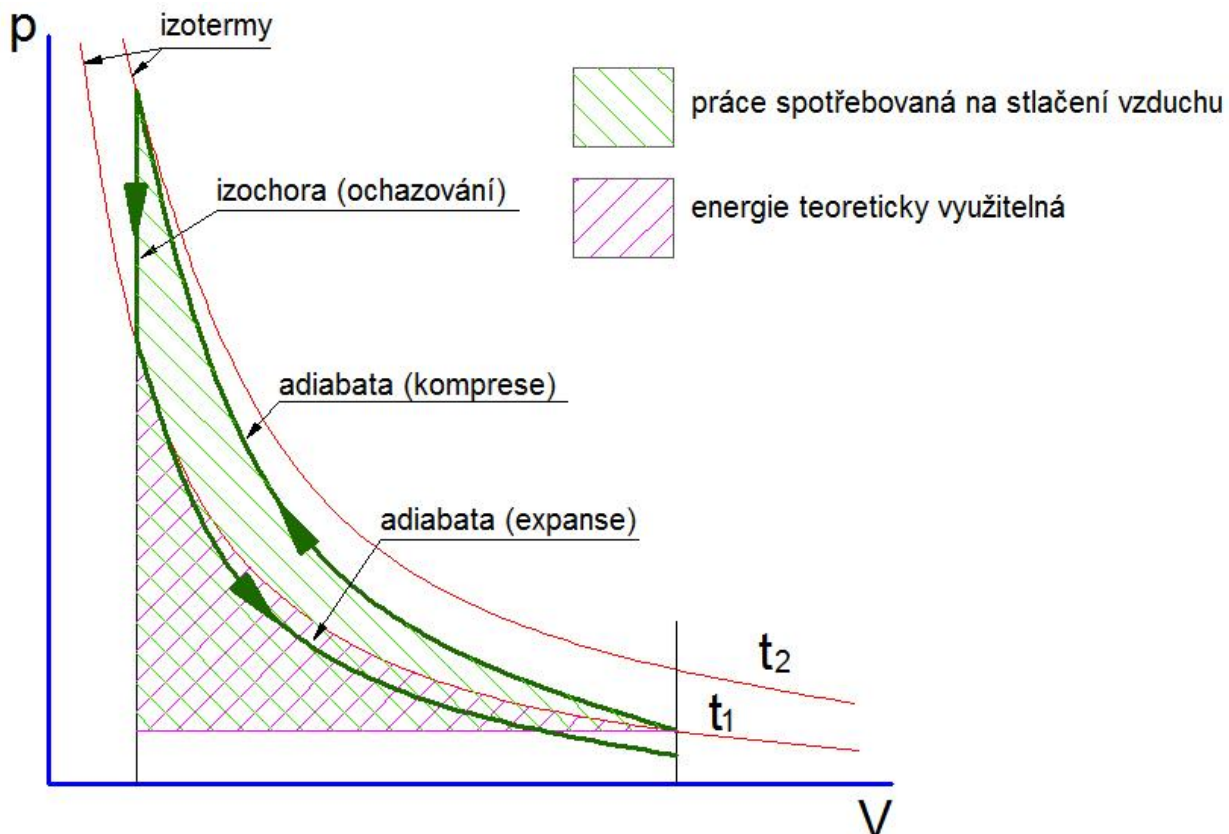
Stlačený vzduch:

Při stlačování vzduchu se spotřebovává práce, která se z části změní v energii tlakovou a z části v tepelnou. Zchladnutím stlačeného vzduchu na původní teplotu se sníží koncový tlak. Pro stlačování plynu platí následující vztah: kde  $p$  je absolutní tlak a  $k$  je Poissonova konstanta. Platí vždy . Pro jednoatomové plyny je , pro dvouatomové plyny a pro víceatomové plyny obvykle .

Při stlačování plynu za stálé teploty platí:

Platí tedy, že v nádobě o objemu  $V_0$  s přetlakem  $p$  je stlačeno vzduchu.

Plocha pod křivkou  $pV$  diagramu představuje spotřebovanou práci.



Skutečný děj komprese a expanze ve skutečnosti probíhá někde mezi dějem adiabatickým a izotermickým. Tedy při kompresi dochází k částečnému ochlazení už během stlačování, a při expanzi dochází k ohřevu během rozpínání plynů.

Teoreticky je k dispozici podstatně méně energie, než kolik jí bylo do stlačeného vzduchu vloženo. Velké množství energie odejde chladičem stlačeného vzduchu. Při skutečné expanzi ve skutečnosti dochází k ohřevu vzduchu a tak jsou ztráty ještě větší. Proto stlačený vzduch není vhodným médiem pro akumulaci (ukládání) energie.

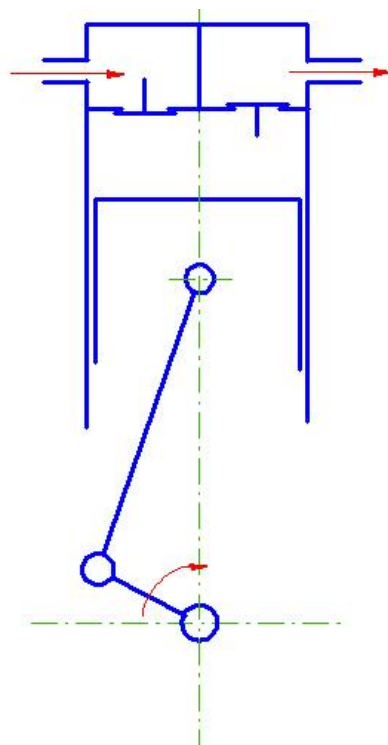
Kompresory:

Kompresor je stroj určený ke stlačování (kompresi) plynů a par.

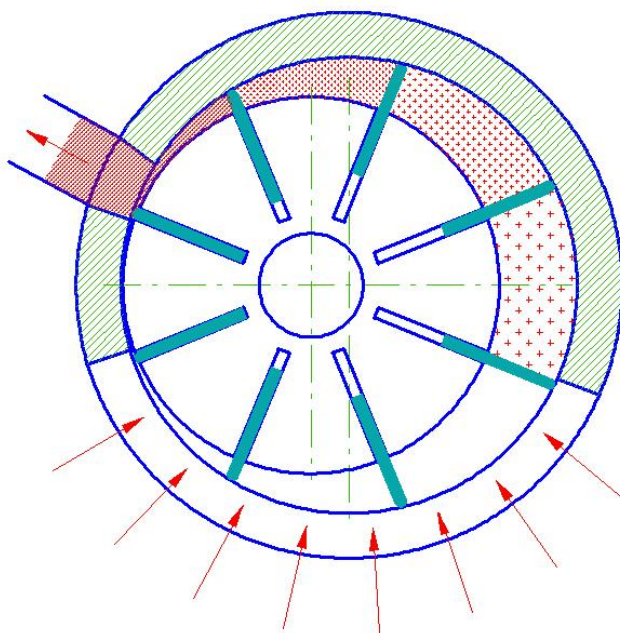
Vzhledem k tomu, že kompresor má v technice mnohostranné použití, existuje mnoho druhů kompresorů. Podle způsobu zvyšování tlaku je dělíme na:

1. Objemové, kde zvýšení tlaku probíhá zmenšováním objemu pracovního prostoru, v němž je stlačovaný plyn uzavřen.

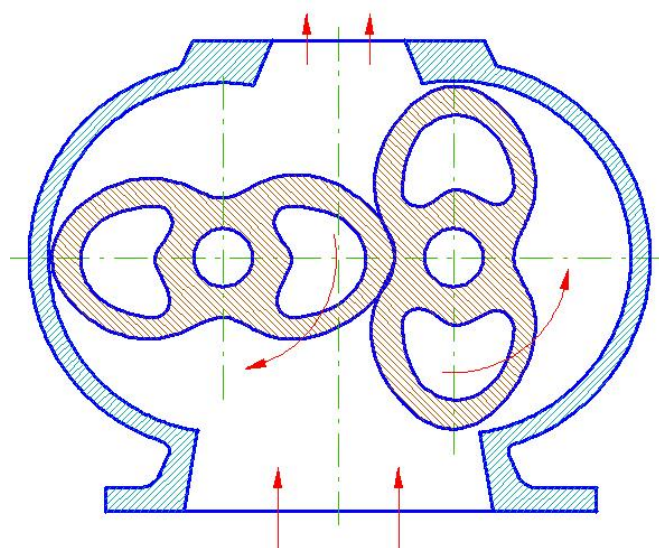
a) Pístové



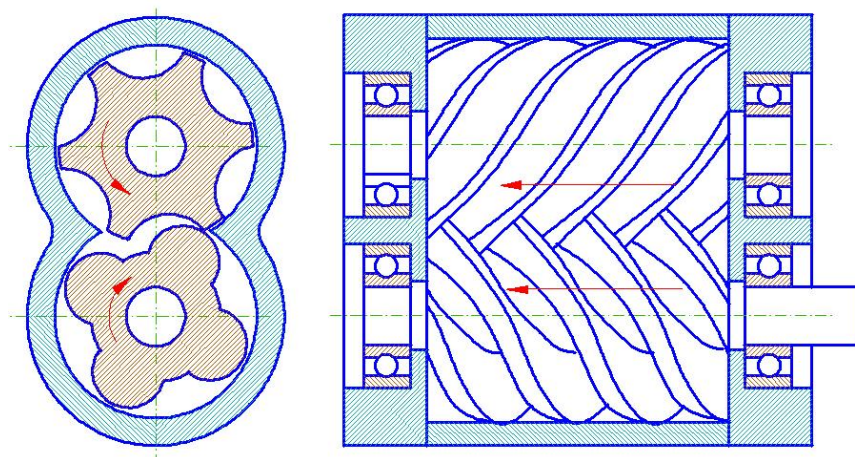
b) Rotační (lamelové)



c) Dvourotorové (Rootsův)

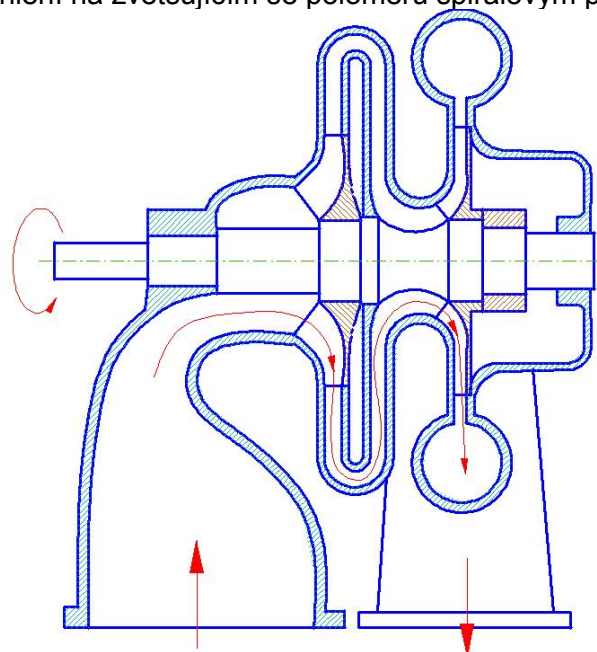


d) Šroubový

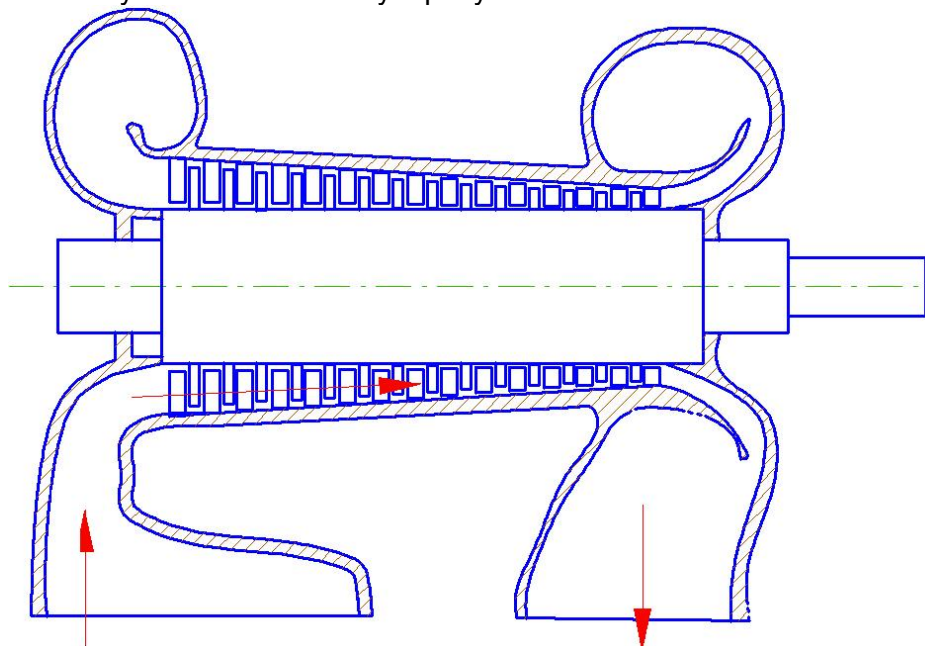


2. Rychlostní, kde se dosahuje zvýšení tlaku zrychlením proudícího plynu a po něm následující přeměnou kinetické energie v tlakovou.

a) Radiální – urychlení na zvětšujícím se poloměru spirálovým pohybem



b) Axiální – urychlení šroubovicovým pohybem

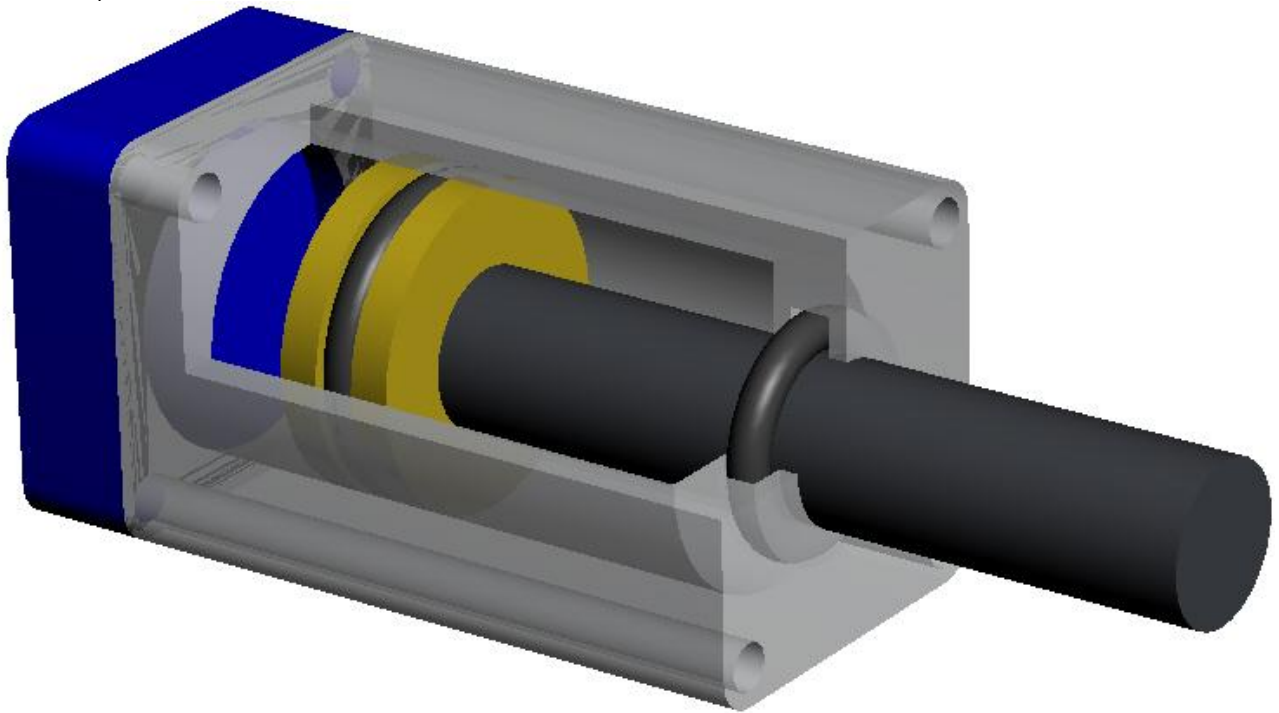


Zařízení na úpravu stlačeného vzduchu:

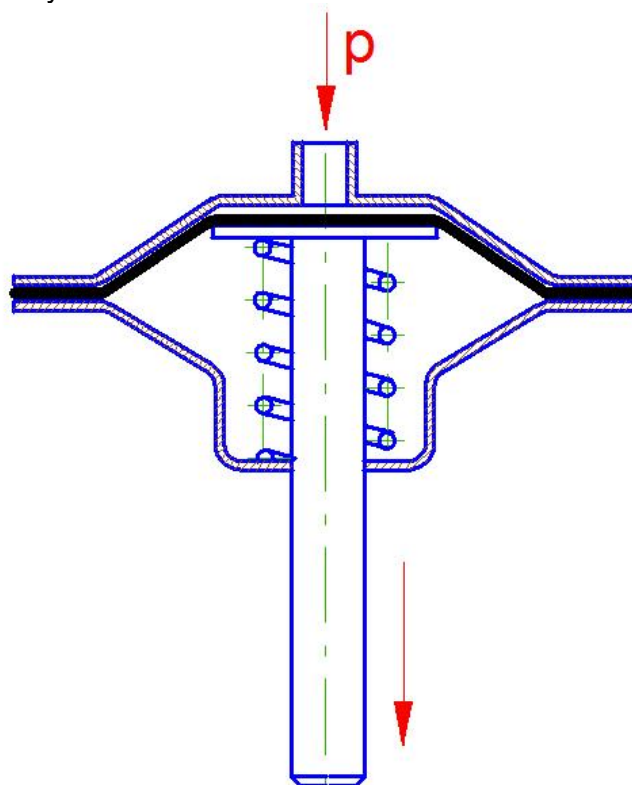
- chladič
- odlučovač kondenzátu
- prachový filtr
- vzdušník (zásobník)
- regulátor tlaku
- olejovač

Pneumatické motory:

1. Rotační motory
  - a) Turbo motory
  - b) Lamelové
2. Přímočaré – lineární motory
  - a) Pneumatické válce

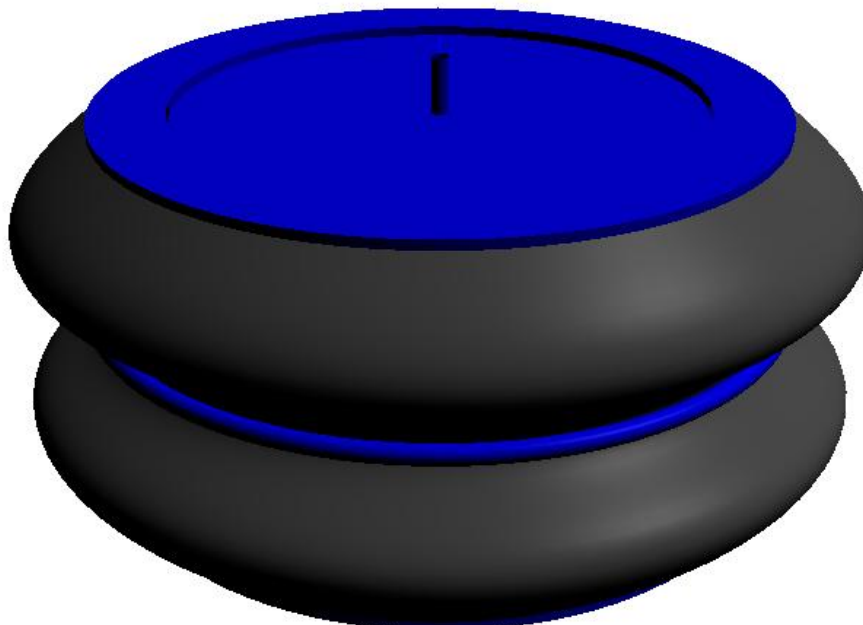


b) Pneumatické membrány

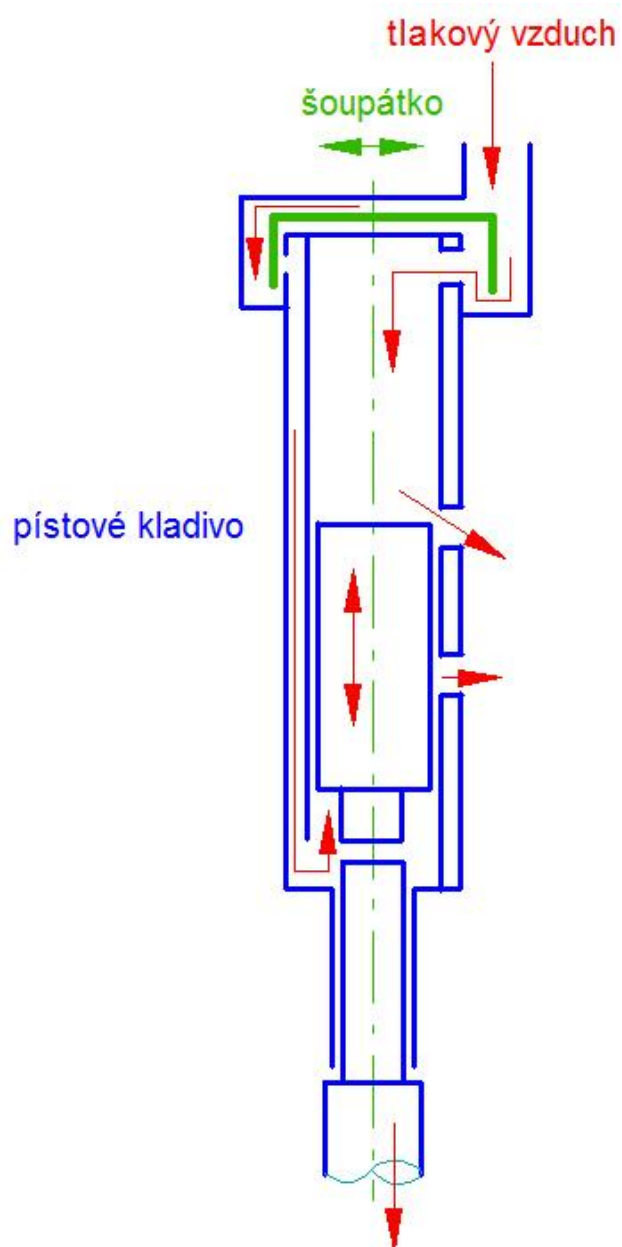




c) Pneumatické měchy



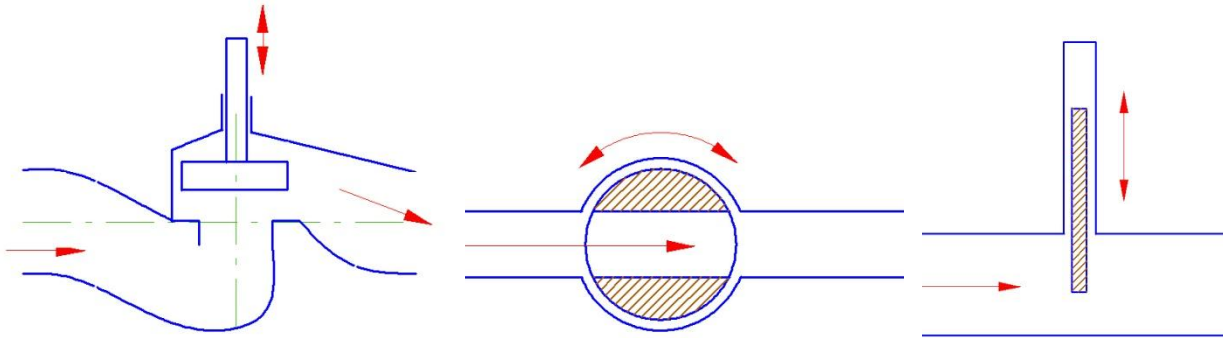
d) Pneumatická kladiva – střídavě otevírá volný výfuk nad a pod pístem





Uzavírací a regulační prvky:

- ventily
- kohouty
- šoupátka

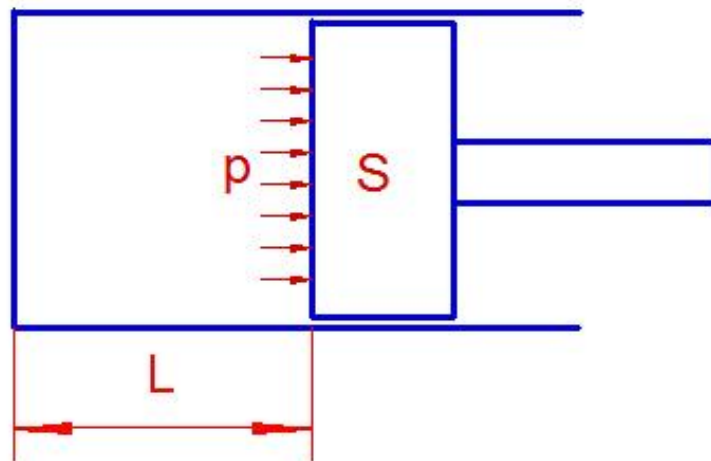


### Hydraulické mechanismy:

Pro přenos energie používají kapalinu.

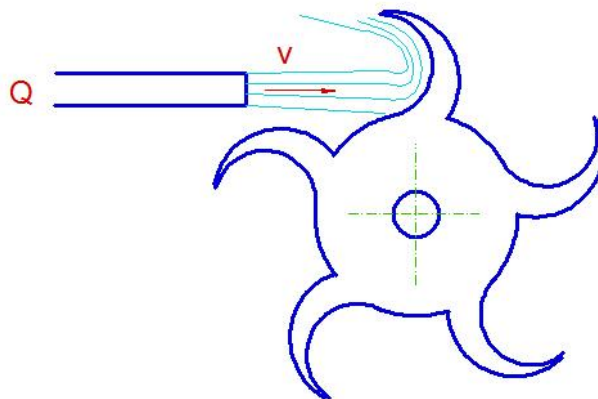
Typy: - hydrostatické

$$W_p = V \cdot p$$



- hydrodynamické

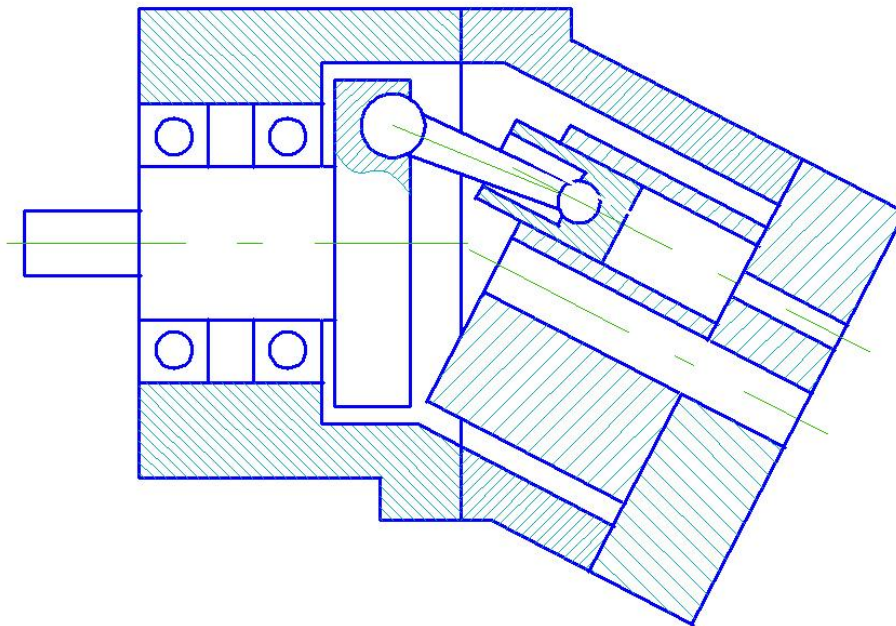
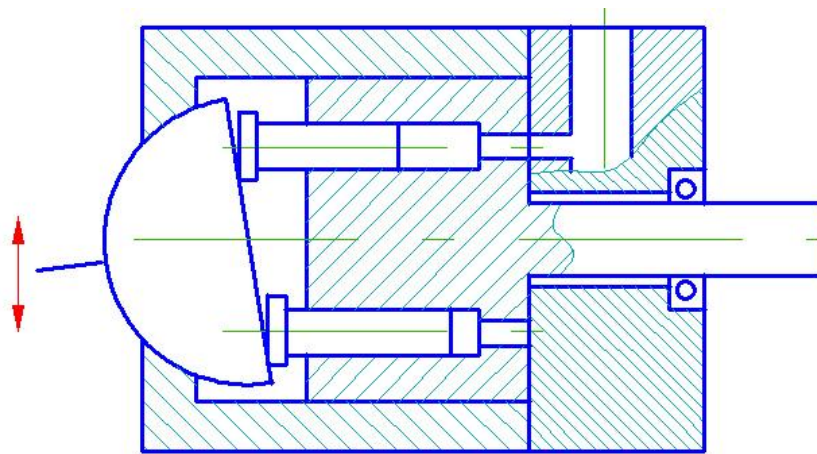
$$W_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} V \cdot \rho \cdot v^2 = \frac{1}{2} Q \cdot t \cdot \rho \cdot v^2$$



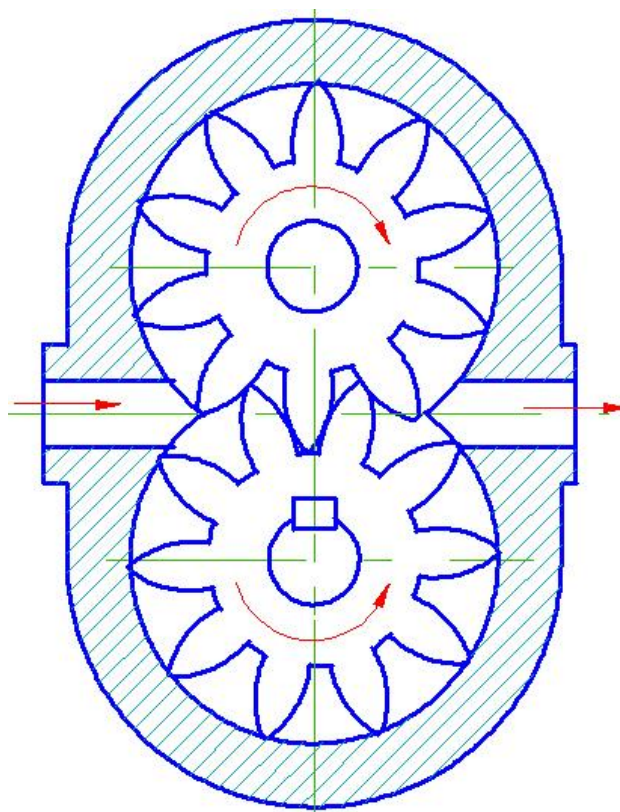
Protože kapaliny nejsou stlačitelné, hydraulické systémy neukládají energii do žádných zásobníků. Jen omezeně mohou využít pružnosti zásobníků a musejí proto dodávat potřebnou energii trvale.

Čerpadla - hydrogenerátory:

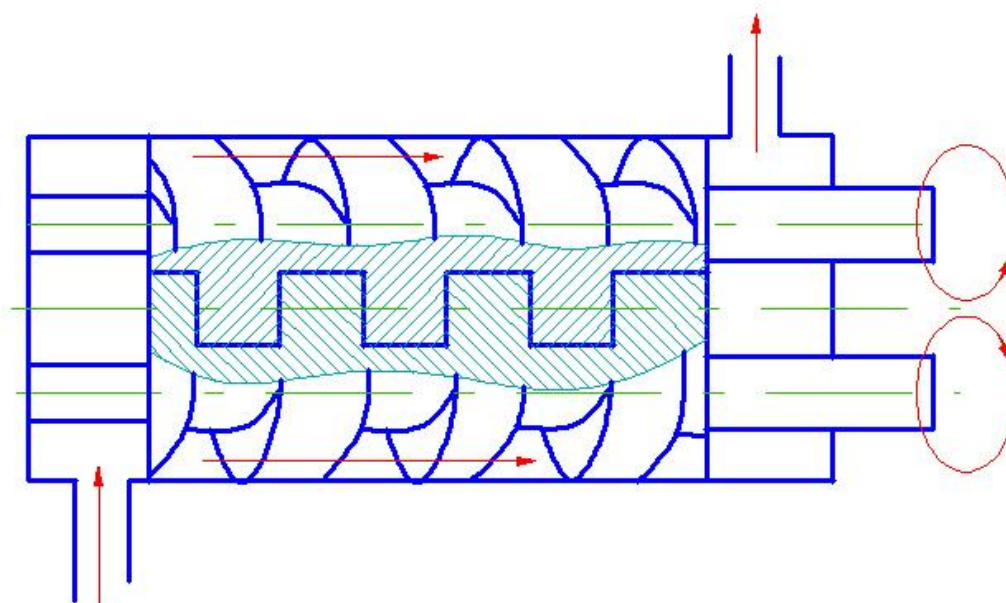
1. Pístové



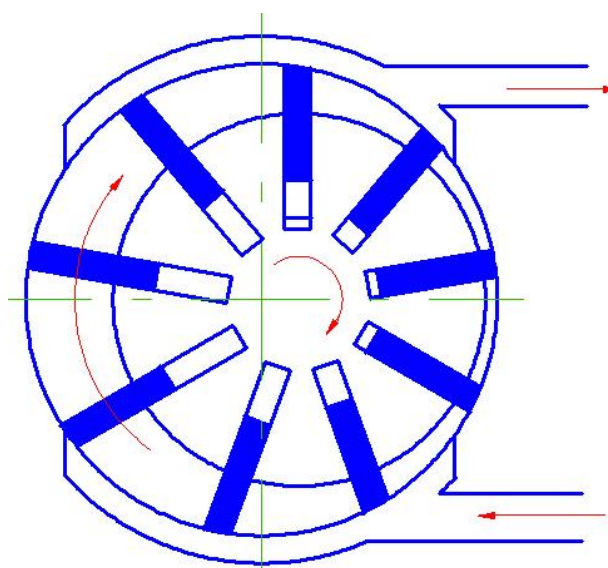
## 2. Zubové



### 3. Šroubové



### 4. Lamelové



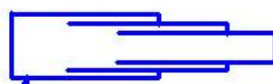
Hydromotory:

a) Lineární - hydraulické válce

JEDNOČINNÉ



s vratnou pružinou



teleskopický



plunžrový

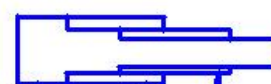
DVOJČINNÉ



s jednostrannou pístnicí



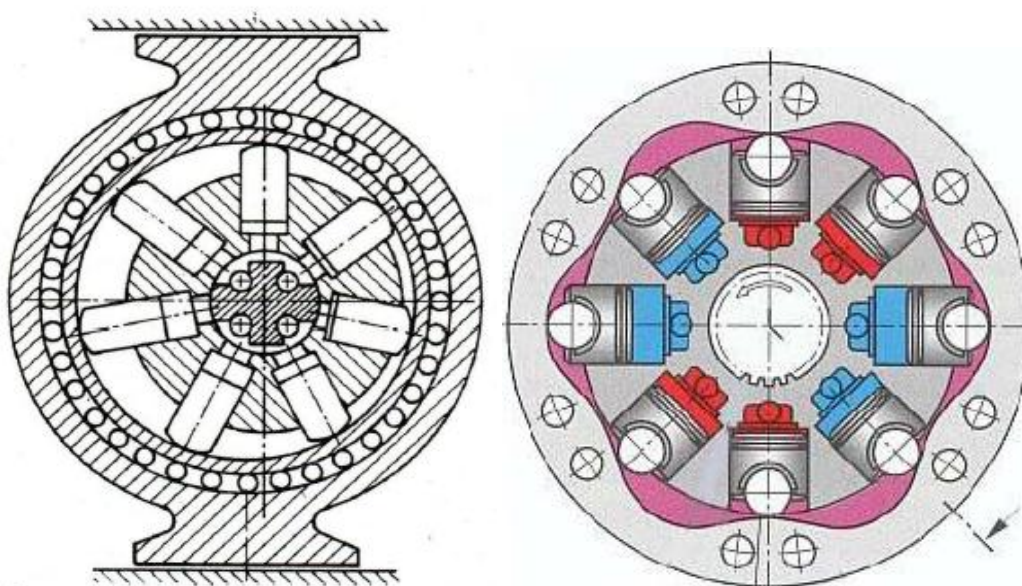
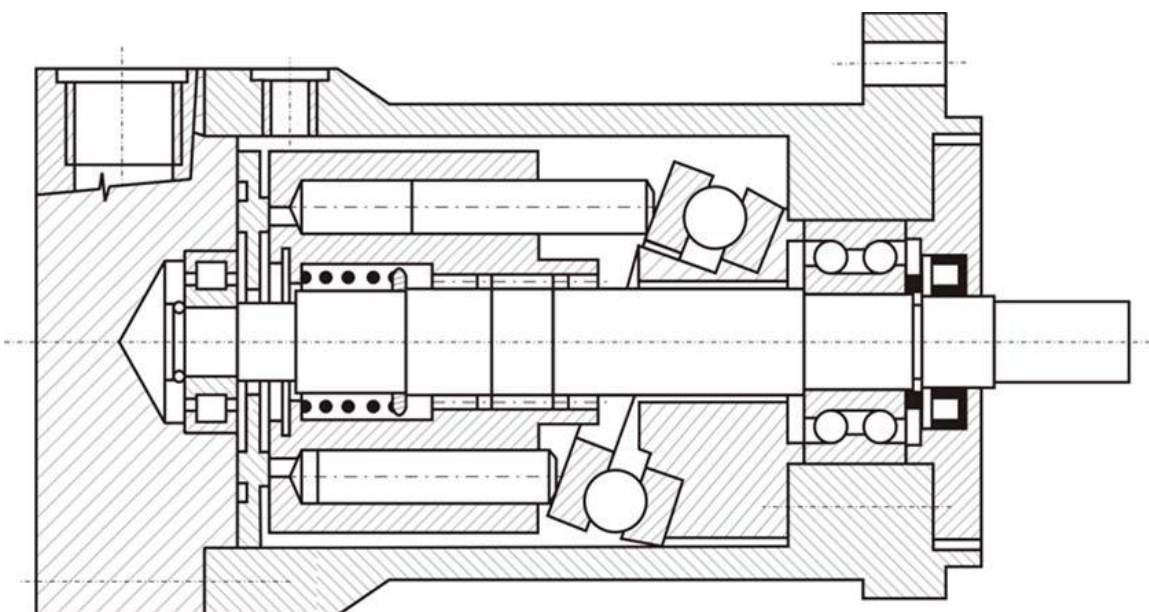
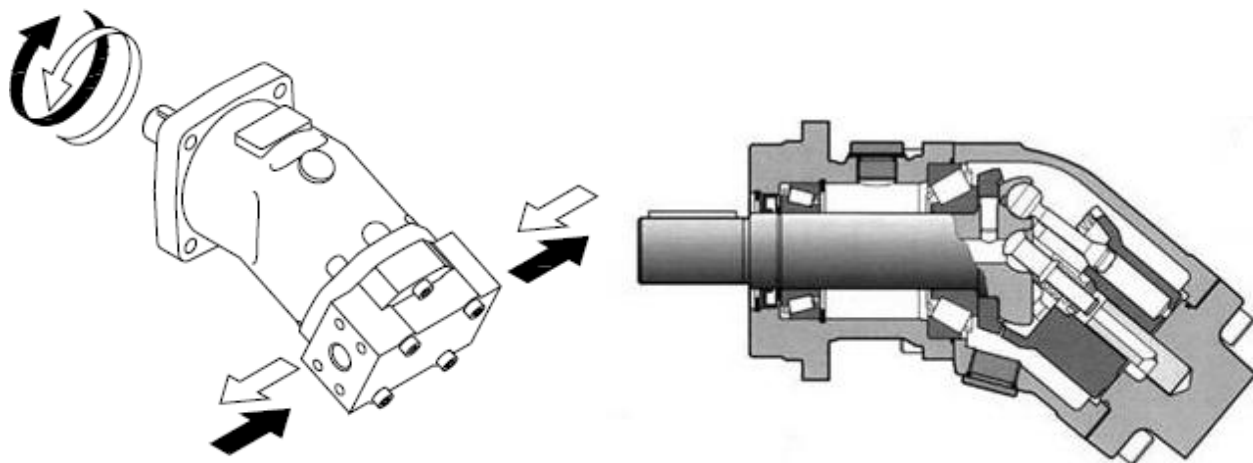
s oboustrannou pístnicí

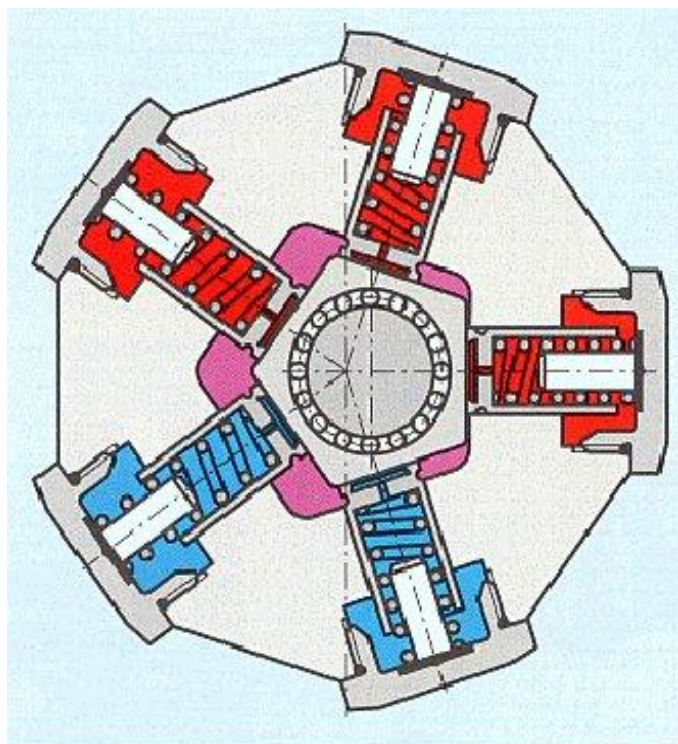


teleskopický

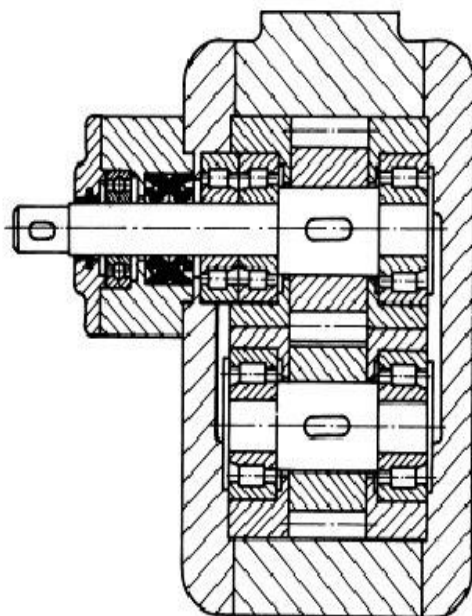


b) Rotační  
- pístové axiální a radiální

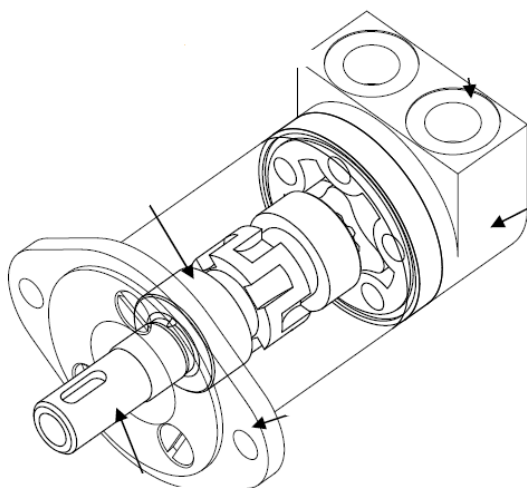




- zubové motory



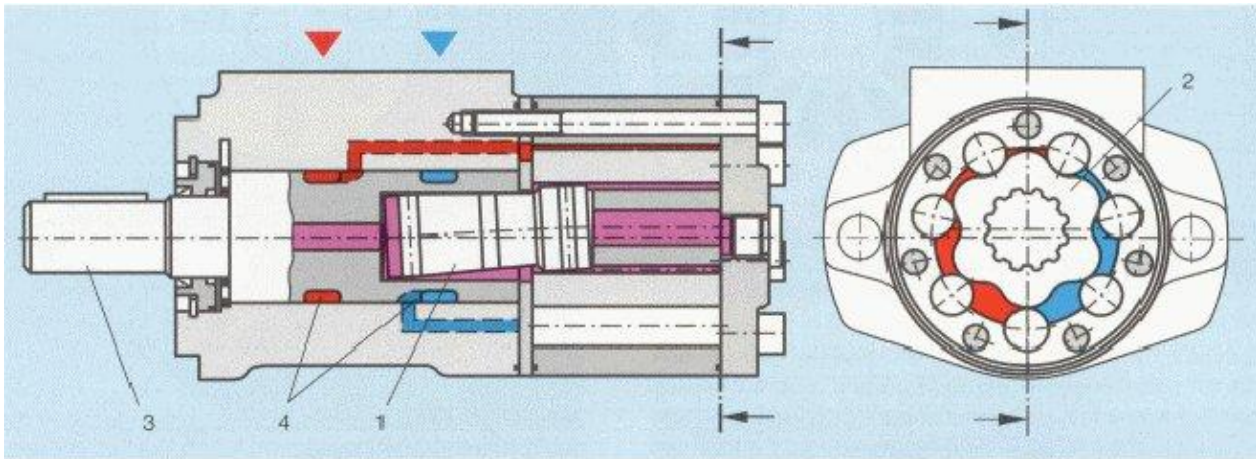
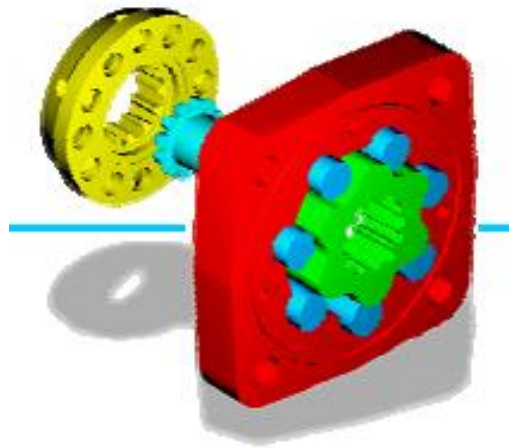
- trochoidní



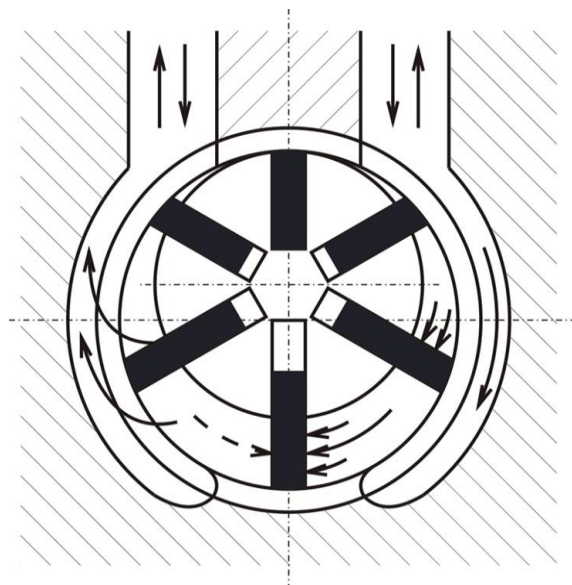
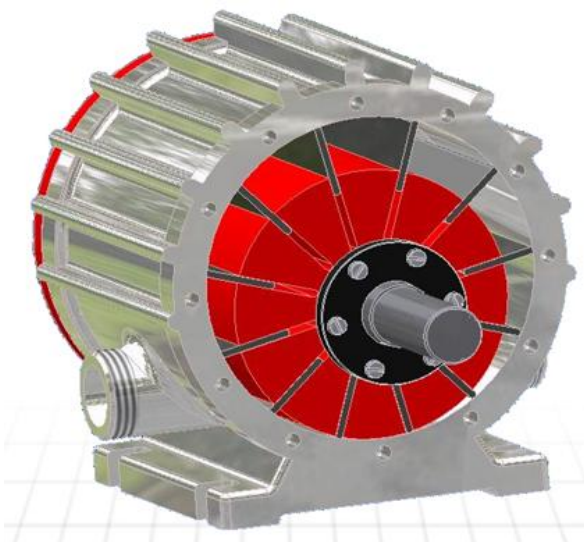
- orbitální - cykloidní



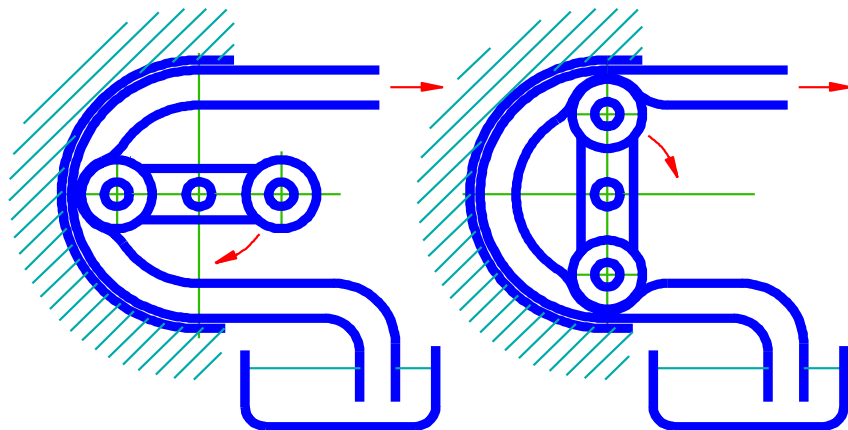




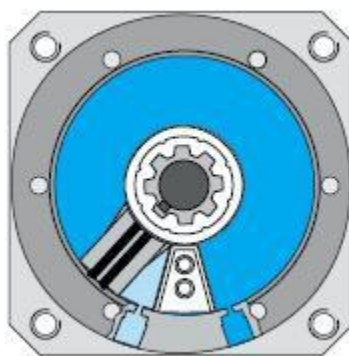
- lamelové



- Peristaltické



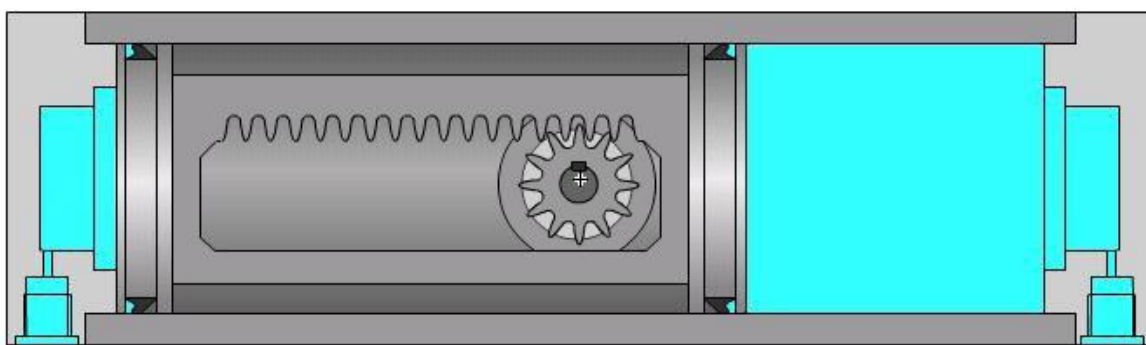
- c) Kývavé - lamelové



- měchové (bez úniku kapaliny)



- s mechanickým převodem



Multiplikátory:

Jsou určeny ke změně parametrů při stálém výkonu.

