



**Lesnická
a dřevařská
fakulta**

21. 11. 2017, Brno

Připravil:

doc. Ing. Zdeněk Kopecký,
CSc.

Kinematické mechanismy v pohonech dřevařské techniky

Předmět: Strojní mechanismy

Mendelova
univerzita
v Brně



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah přednášky

Úvod

1. Mechanismy s přímočarým vratným pohybem výstupního členu
2. Mechanismy s rotačním přerušovaným pohybem výstupního členu



Základní pojmy

Kinematické mechanismy jsou mechanické funkční skupiny v pohonu stroje, jejichž **základním úkolem je nejen přenášet síly nebo momenty, ale zejména měnit pohyb** (např. otáčivý na přímočarý, apod.).



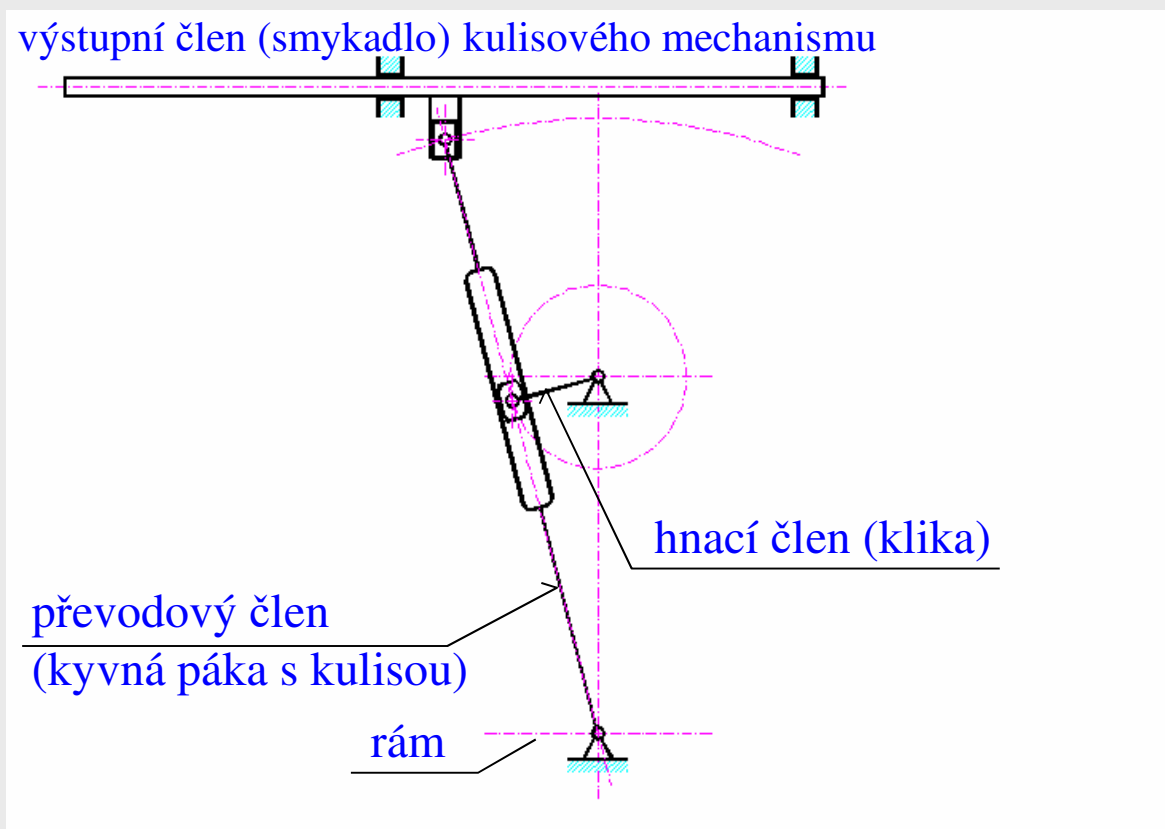
Vlastnosti

- Slouží k dosažení předepsané dráhy pracovního orgánu (suportu nebo nástroje) podle technologického procesu.
- Zkracují čas pro neproduktivní úkony (např. zpětný pohyb nástroje) \Rightarrow zvýšení produktivity technologického procesu.

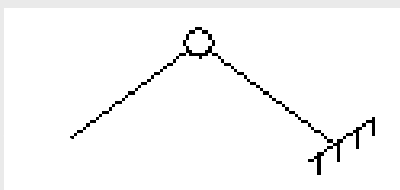


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

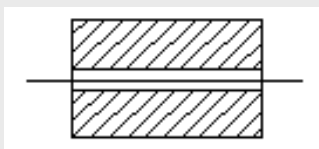
Členy kinematických mechanismů



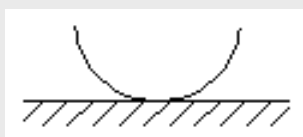
Kinematické vazby (dvojice)



r - rotační kinematická vazba (dvojice)



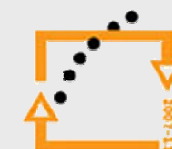
p - posuvná kinematická vazba



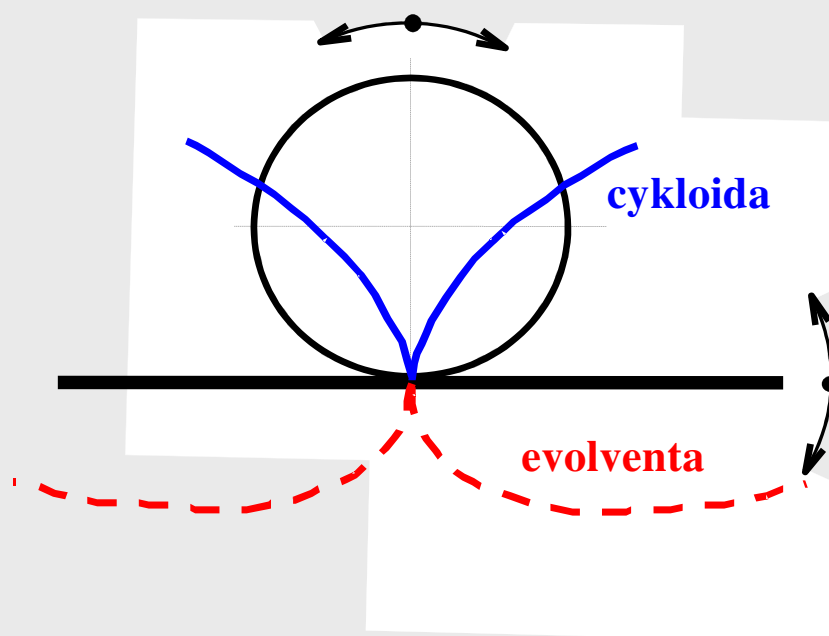
v - valivá kinematická vazba bez prokluzu



o - obecná kinematická vazba s prokluzem



Kinematika valivých dvojic



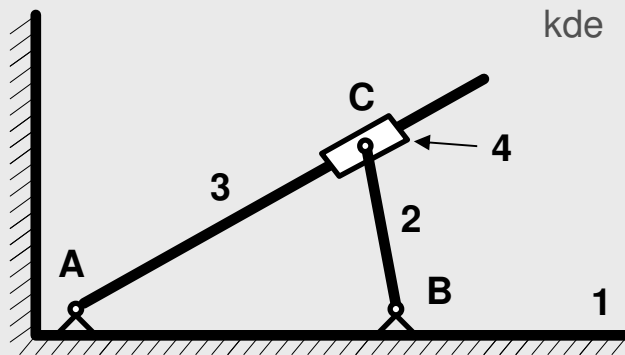
Valivé kinematické dvojice – nemají reciprocitu pohybu všech bodů na tělese (tj. nekonají jen rotační nebo přímočarý pohyb).

Odvaluje-li se přímka po kružnici potom jakýkoliv bod na této přímce opisuje křivku zvanou *evolventa*.

Odvaluje-li se kružnice po přímce, potom jakýkoliv bod na kružnici opisuje *cykloidu*.



Stupně volnosti



kde

$$w = 3 \cdot (n - 1) - 2(r + p + v) - o$$

w ... počet stupňů volnosti,

n ... počet členů mechanismu (včetně rámu),

r ... počet rotačních dvojic,

p ... počet posuvných dvojic,

v ... počet valivých dvojic,

o ... počet obecných dvojic.

Rovinný mechanismus je tvořen 4- mi členy-
rám 1, klika 2, kulisa 3 a kámen 4, má 1^o volnosti

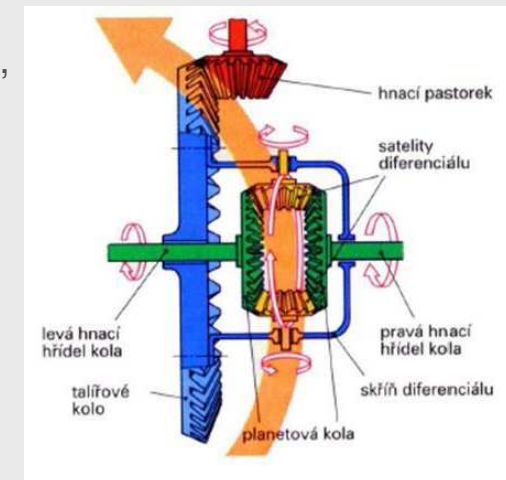
w = 0 – nepohyblivé soustavy

w = 1 – pohyblivé soustavy – rovinné mechanismy

$$w = 3 \cdot (n - 1) - 2 \cdot (r + p + v) - o = 3 \cdot (4 - 1) - 2(3 + 1 + 0) - 0 = 1$$

w = 2 – pohyblivé soustavy – prostorové mechanismy (diferenciály)

$$w = 3 \cdot (n - 1) - 2 \cdot (r + p + v) - o = 3 \cdot (5 - 1) - 2(5 + 0 + 0) - 0 = 2$$



Diferenciál je tvořen 5-ti rotačními členy a má 2^o volnosti.
Slouží k vyrovnání sil nebo rychlostí (dráhy) některých členů mechanismu, případně k větvení toku výkonu ve stroji.

Rozdělení kinematických mechanismů

Dělení podle trajektorie pohybu výstupního členu:

- přímočaré vratný (např. klikový nebo kulisový mechanismus)
- rotační, rotačně přerušovaný, kyvný (např. rohatka-západka nebo maltézský mechanismus)

Dělení podle přenášených sil:

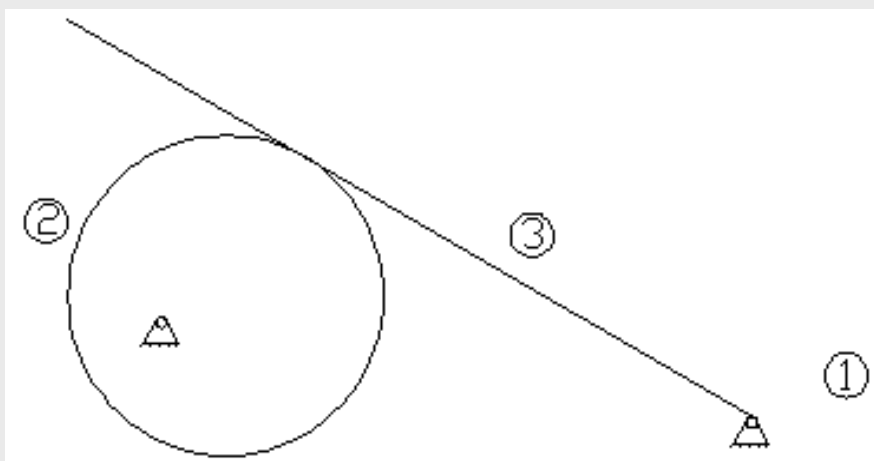
- mechanismy vodící – pohyb nástroje po určité trajektorii (kopírovací mechanismy)
- mechanismy převodové – transformace pohybu i zatížení (např. klikový mechanismus rámové pily)



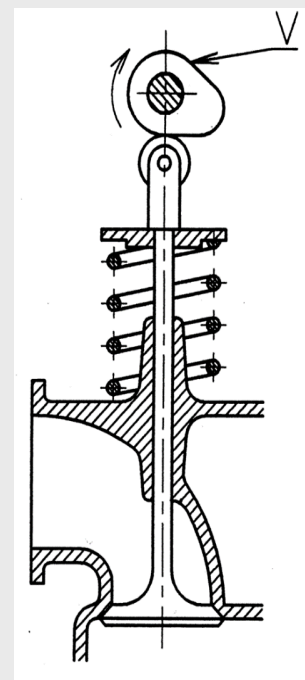
Dělení podle počtu členů (1):

Tříčlenné mechanismy

- Výstředníkový mechanismus



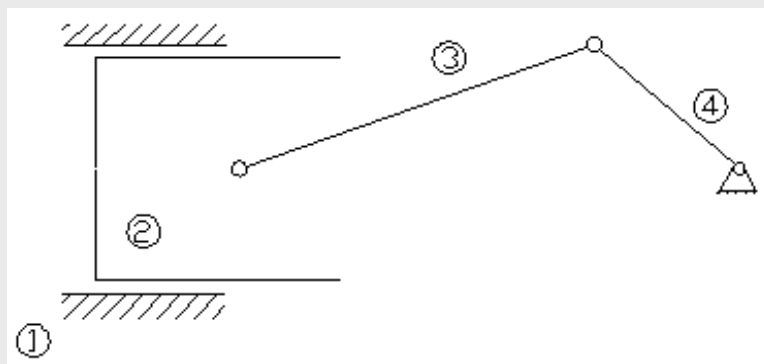
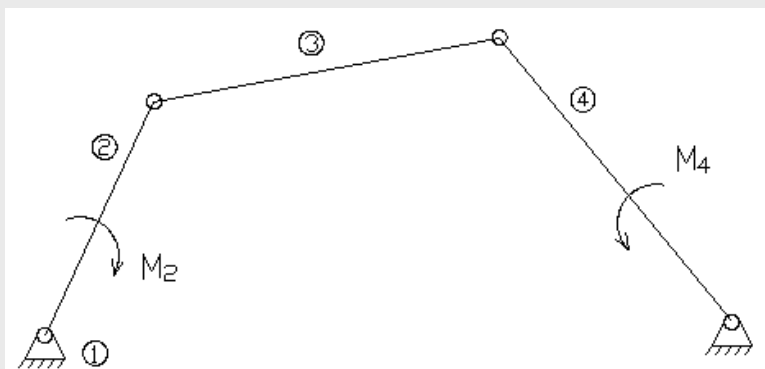
- Vačkový mechanismus



Použití: upínací přípravky, ovládání ventilů spalovacích motorů,

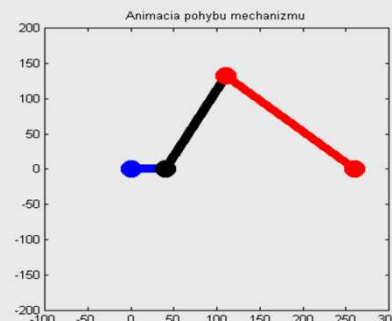
Dělení podle počtu členů (2):

Čtyřčlenné mechanismy



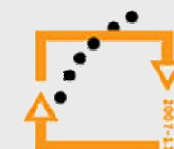
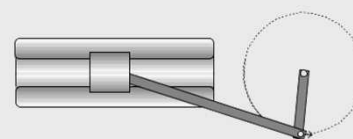
Čtyřkloubový mechanismus

Příklady použití: mísičky, vytráscí síta, řízení automobilu

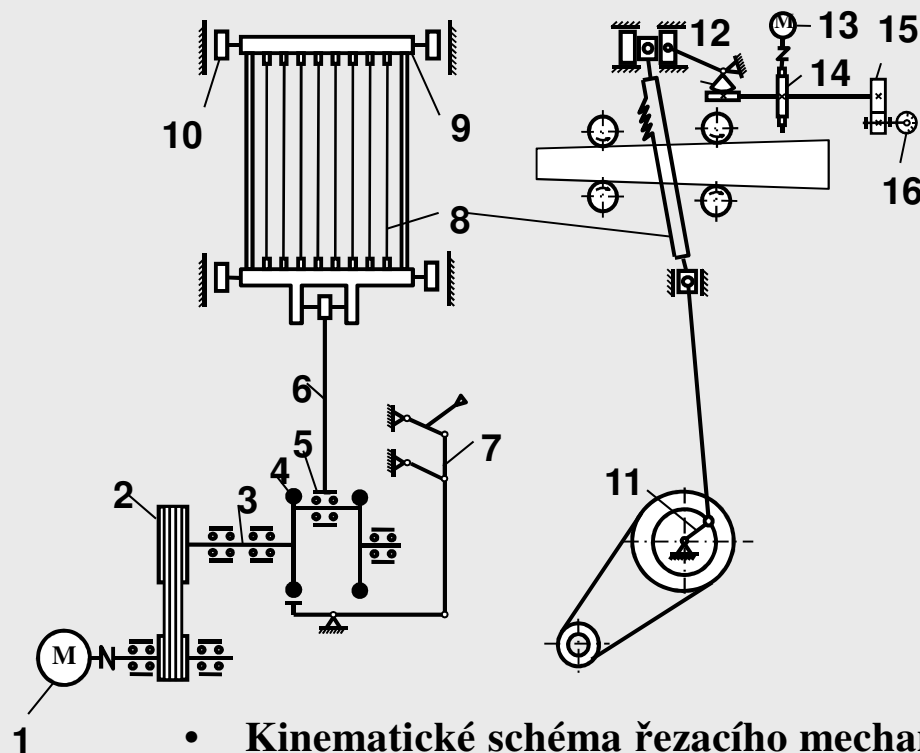


Klikový mechanismus

Příklady použití: spalovací pístové motory, pístové kompresory, kovací lisy, rámové pily



Kreslení kinematických mechanismů



- Kinematická schémata se kreslí pomocí značek podle (ČSN 01 3226)

Kinematické schéma řezacího mechanismu svislé rámové pily:

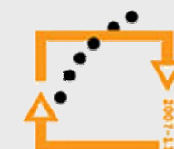
- 1 – elektromotor pohonu řezného mechanismu, 2 – převod s klínovými řemeny, 3 - klikový hřídel, 4 – setrvačnick, 5- ojnicí ložisko, 6 – ojnice, 7 - pákový mechanismus brzdy, 8 – pilové listy, 9 – pilový rám, 10 – horní vodítko, 11 – klika, 12 – ozubený palec, 13 – elektromotor pohonu pro sklon pilového rámu, 14 – šneková převodovka, 15 – ozubený převod, 16 – ukazatel sklonu pilového rámu



1. Kinematické mechanismy s přímočarým vratným pohybem

Rozdělení:

- 1.1 Klikový mechanismus
- 1.2 Kulisový mechanismus
- 1.3 Vačkový mechanismus
- 1.4 Šroubový mechanismus
- 1.5 Ozubená tyč – pastorek



1.1 Klikový mechanismus

- Klikový mechanismus patří mezi nejznámější kinematické mechanismy.

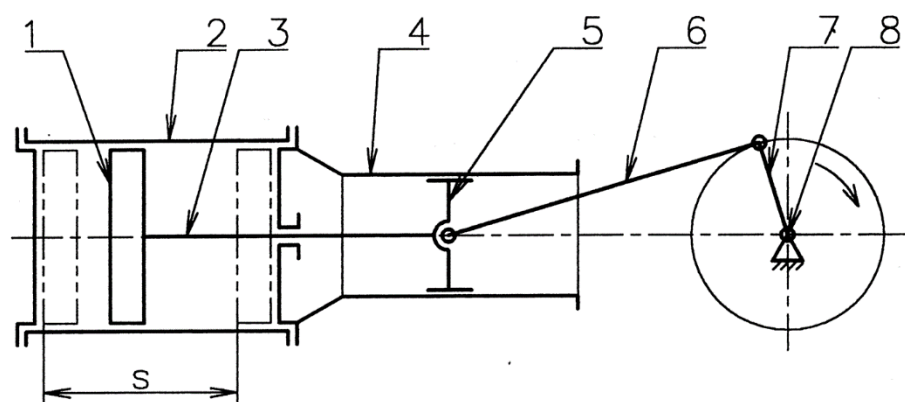
Použití u dřevoobráběcích strojů:

- ☞ rámové pily,
- ☞ horizontální a vertikální krájecí stroje na dýhy.
- Klikový mechanismus je také například nedílnou součástí pístových spalovacích motorů, kde mění přímočarý pohyb pístu na rotační pohyb klikové hřídele (u pístových kompresorů je tomu opačně).

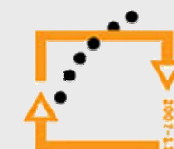
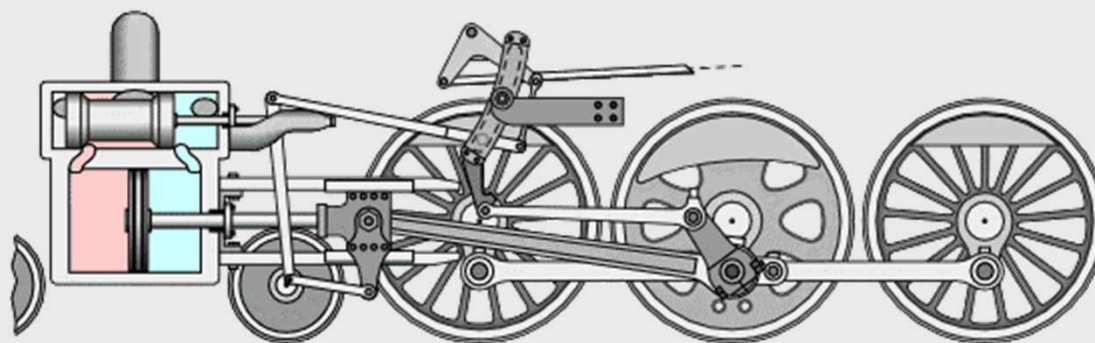


Úplný klikový mechanismus

Použití u parních strojů (lokomotiv)

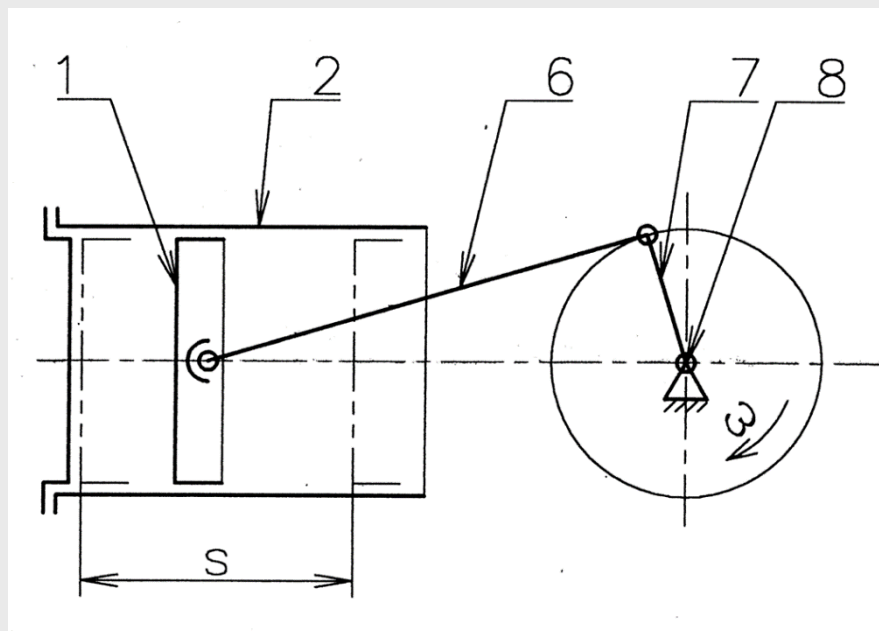


píst 1, válec 2, pístní tyč 3, vedení křížáku 4, křížák 5, ojnice 6, klika 7, hřídel 8



Zkrácený klikový mechanismus

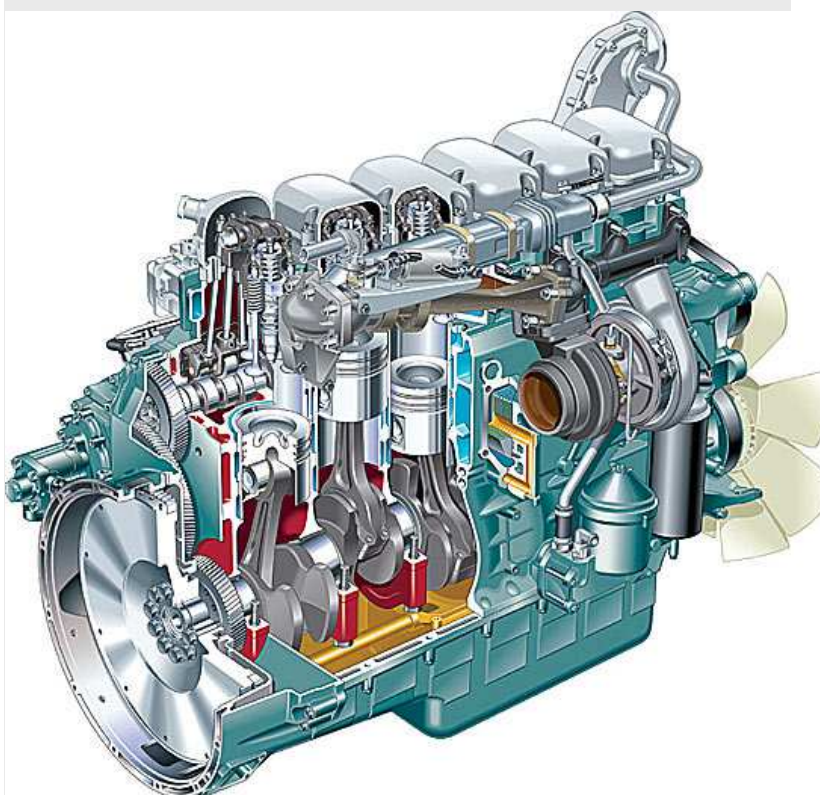
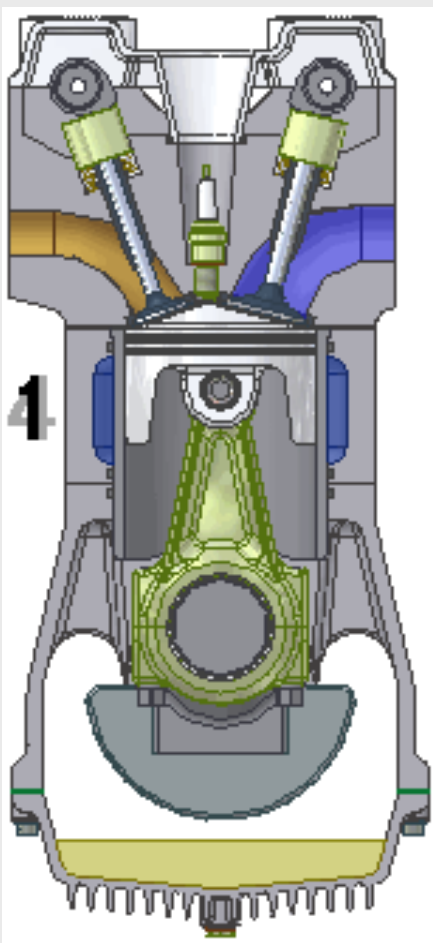
- Použití u spalovacích motorů, kompresorů nebo rámových pil



píst 1, válec 2, ojnice 6, klika 7, hřídel 8

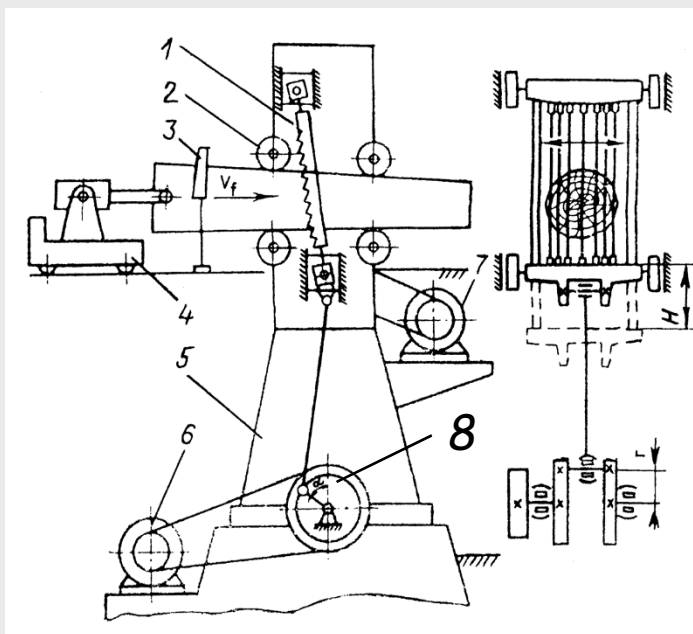


Klikový mechanismus čtyřdobého spalovacího motoru

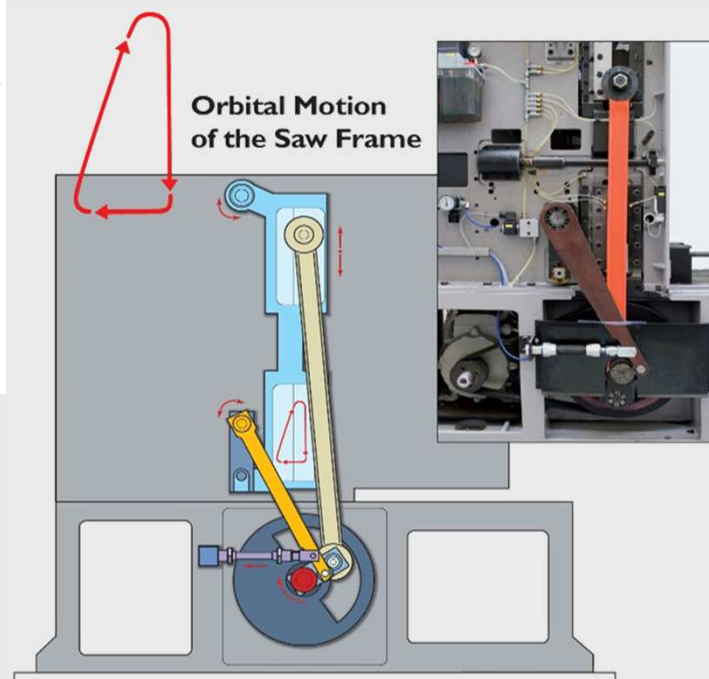


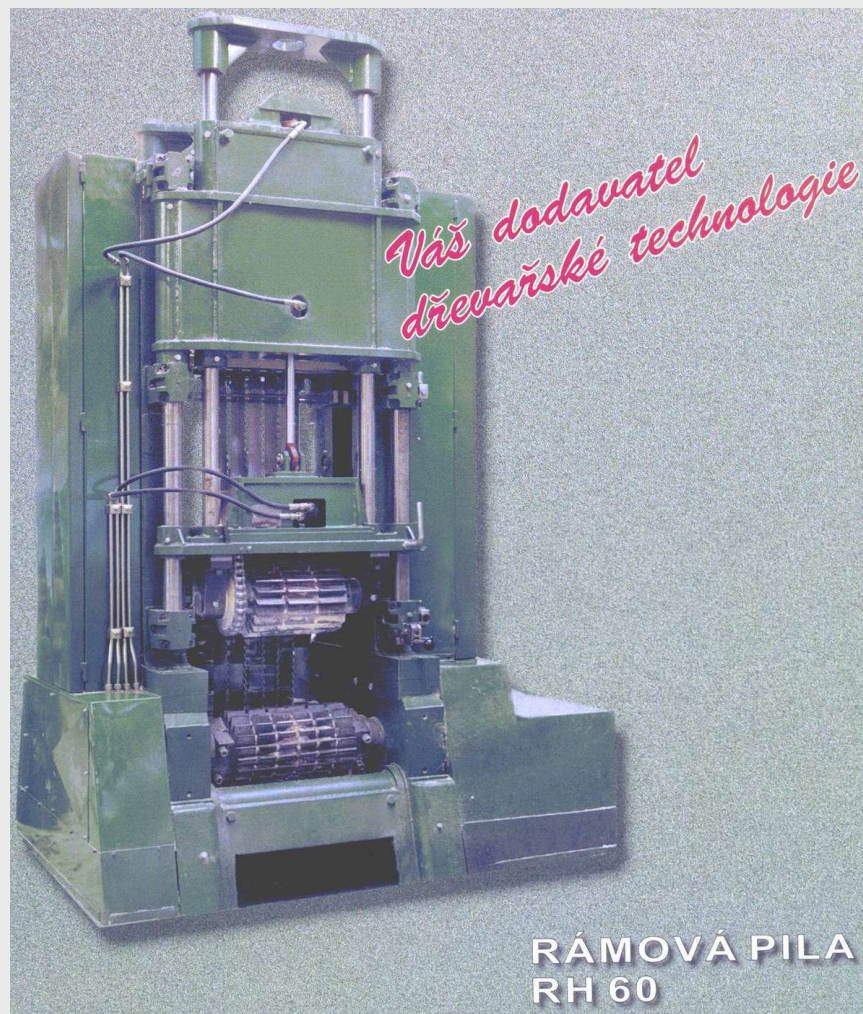
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Aplikace klikového mechanismu u rámové pily



1. řezací mechanismus,
2. podávací mechanismus,
3. pomocný mechanismus vedení,
4. opěrný mechanismus,
5. rám,
6. pohonný mechanismus řezání,
7. pohonný mechanismus podávání,
8. klikový mechanismus



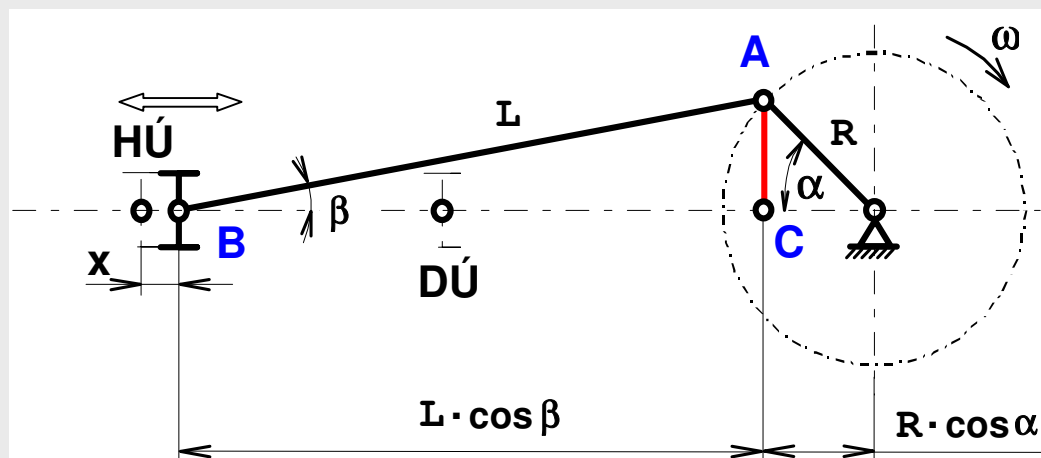


The diagram shows a mechanical system. A horizontal beam of length L is pivoted at its left end to a support labeled **HÚ** (Hinge). A point **B** is marked on the beam. The beam makes an angle β with the horizontal. A point **DÚ** (Dul) is marked on the horizontal dashed line. The horizontal distance from the hinge to the vertical line through **DÚ** is $L \cdot \cos \beta$. At the right end of the beam is a point **A**. A vertical red line segment of length R connects point **A** to a point **C** on the horizontal dashed line. The angle between the vertical red line and the arm **AC** is α . The horizontal distance from the vertical line through **DÚ** to the vertical line through **C** is $R \cdot \cos \alpha$. A dashed circle of radius R is centered at **C**. A pivot is located at the center of this circle, and a curved arrow indicates a counter-clockwise angular velocity ω .

Bod **A** rotuje po kruhové dráze obvodovou rychlostí $v_A = \omega \cdot R$



Výpočet dráhy rámu x



$$x = (R + L) - (R \cdot \cos \alpha + L \cdot \cos \beta)$$

Pro úsečku A-C platí: $R \cdot \sin \alpha = L \cdot \sin \beta$

odtud rozměrový součinitel

$$\lambda = \frac{R}{L} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

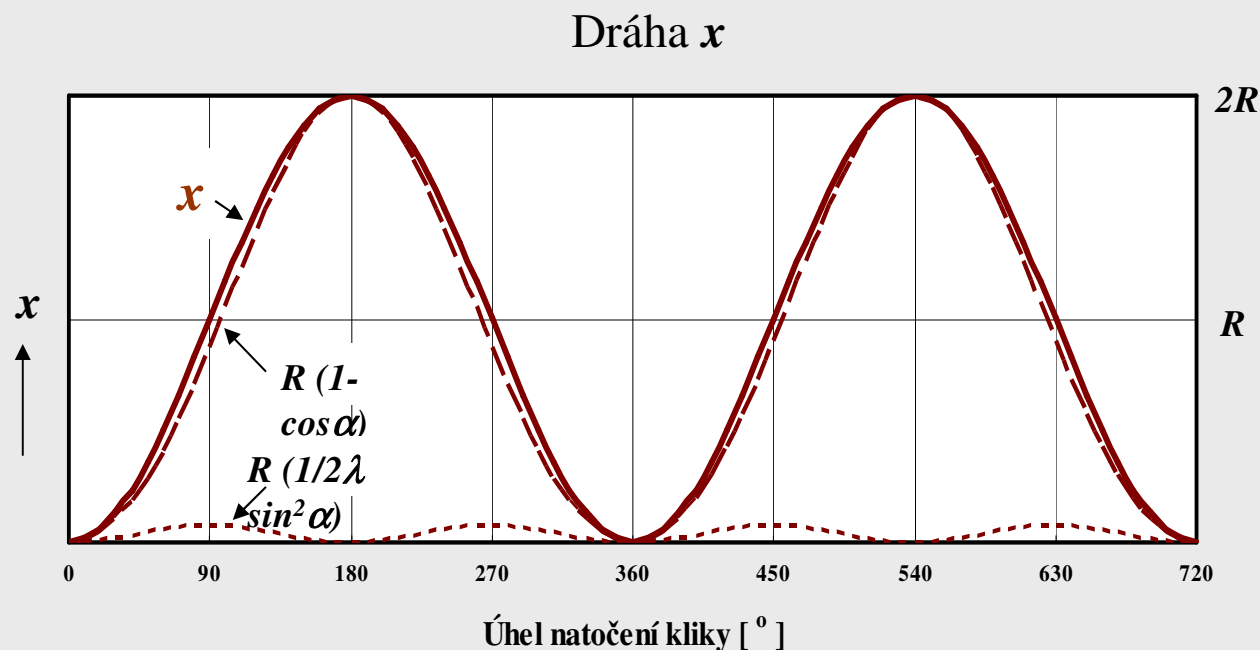
Kinematika klikového mechanismu je poměrně složitá a lze ji vyjádřit harmonickými funkcemi

$$x = R \cdot \left(1 - \cos \alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin^2 \alpha \right)$$

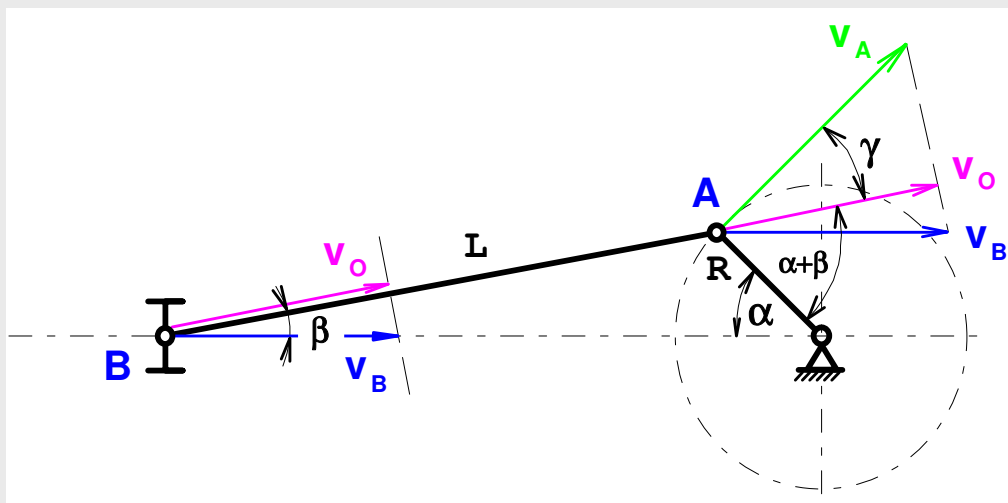


Průběh dráhy pilového rámu

- Harmonický průběh dráhy pilového rámu je ovlivněn zejména kypem ojnice, který je promítnut ve výrazu $R (1/2\lambda \sin^2\alpha)$



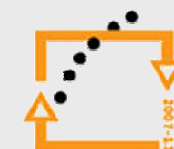
Pro rychlost rámu v_B platí



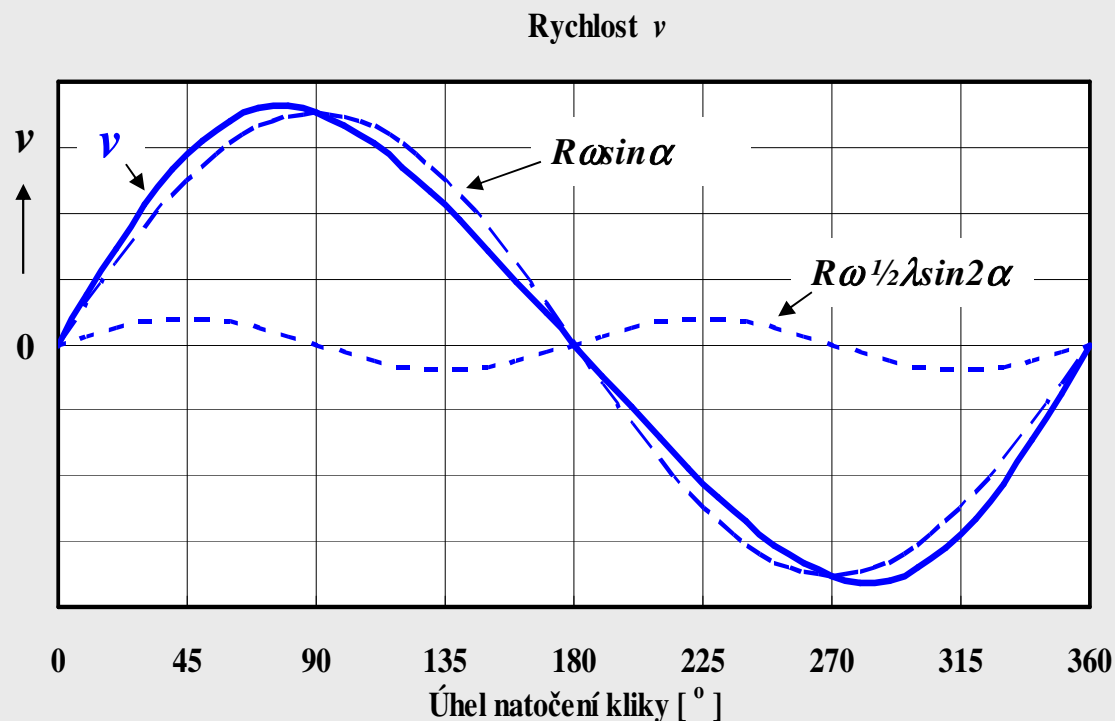
$$v_B = \frac{v_O}{\cos \beta} = \frac{v_A \cdot \sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} = \omega \cdot R \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

Po úpravě, s využitím goniometrických funkcí a součinitele λ platí

$$v_B = \omega \cdot R \cdot (\sin \alpha + \lambda \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha) = \omega \cdot R \cdot \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\alpha \right)$$



Průběh rychlosti

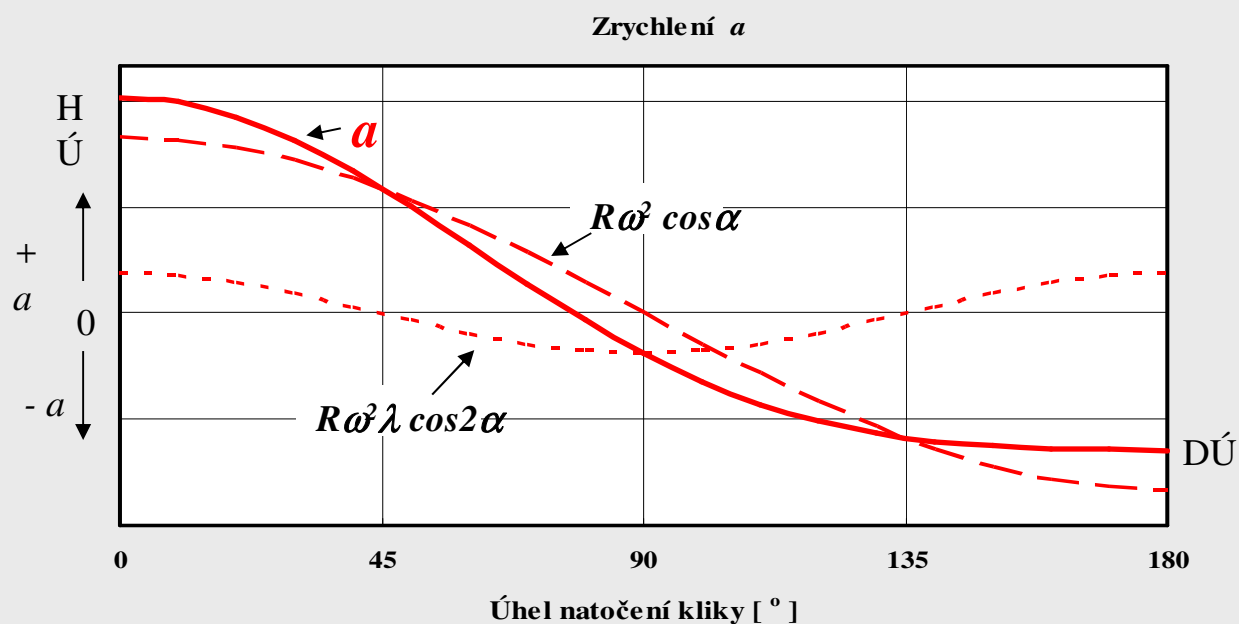


Z grafického průběhu je patrné, že skutečný průběh rychlosti se díky kyvu ojnice poněkud posouvá od čistě harmonického průběhu. Max. rychlost je dosahována při úhlu natočení kliky, který je menší než 90° .



Průběh zrychlení



$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} = \frac{dv}{d\alpha} \cdot \omega = \omega^2 \cdot R \cdot (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha)$$



1.2 Kulisový mechanismus

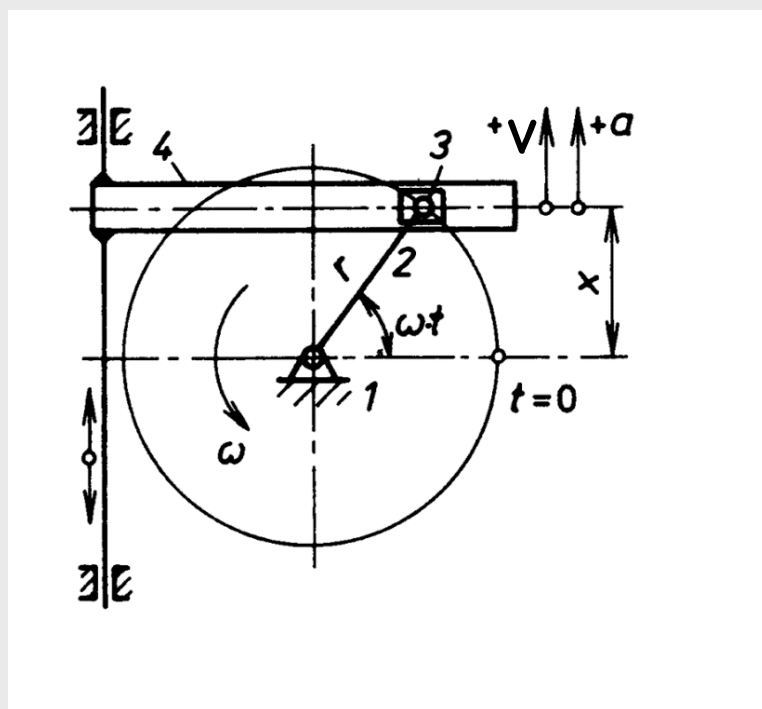
- Kulisové mechanismy se s výhodou používají u strojů, kde je vhodné a z technologického hlediska nezbytné zkrátit ztrátový čas při přestavování nástroje.

Použití :

-  Vodorovné obrážky (šepinky)
-  Hoblovky



Posuvný pravoúhlý kulisový mechanismus



- Pracuje jako klikový mechanismus s nekonečně dlouhou ojnicí. Osa dráhy kamene 3 je kolmá ke směru vedení kulisy 4.

Při $\omega = \text{konst.}$ bude dráha x

$$x = r \cdot \sin \omega \cdot t$$

$$x_{\max, \min} = \pm r$$

Rychlost v

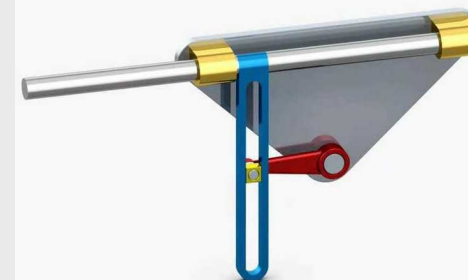
$$v = r \cdot \omega \cdot \cos \omega \cdot t$$

$$v_{\max, \min} = \pm r \cdot \omega$$

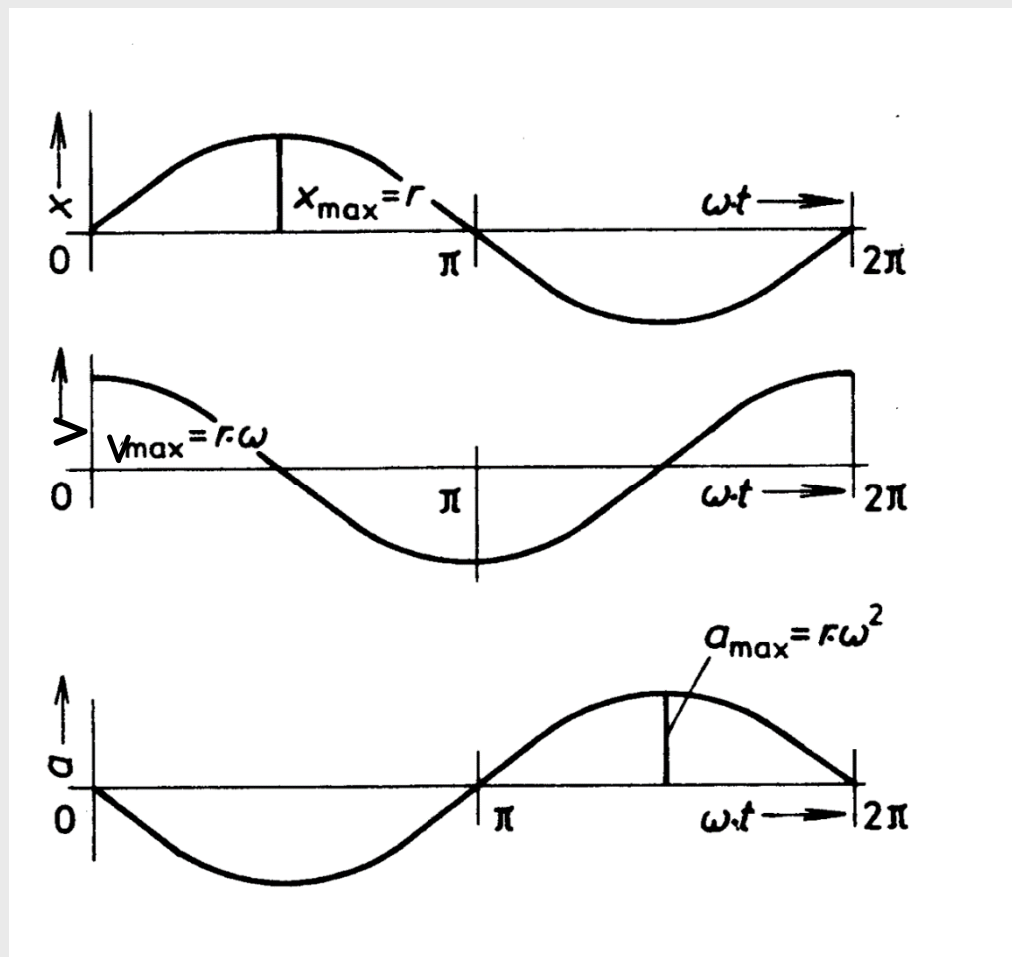
Zrychlení a

$$a = -r \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega \cdot t$$

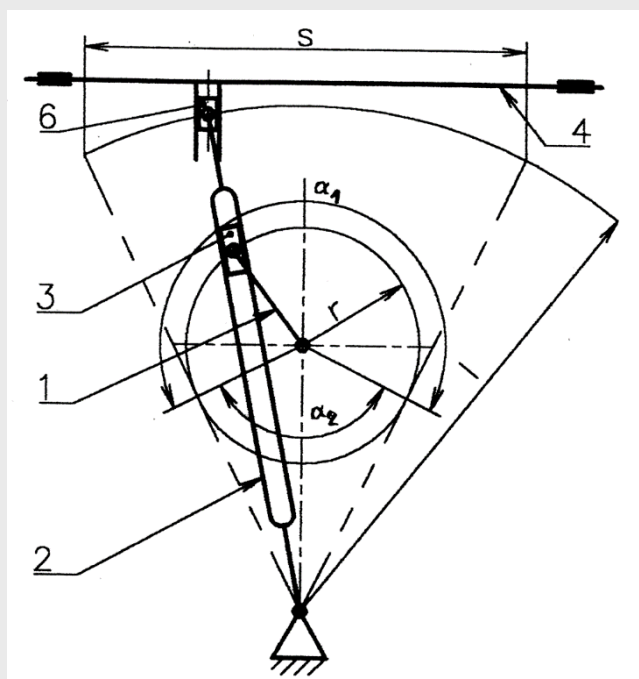
$$a_{\max, \min} = \pm r \cdot \omega^2$$



Průběhy kinematických veličin



Kulisový mechanismus kyvný (Whitworthův)

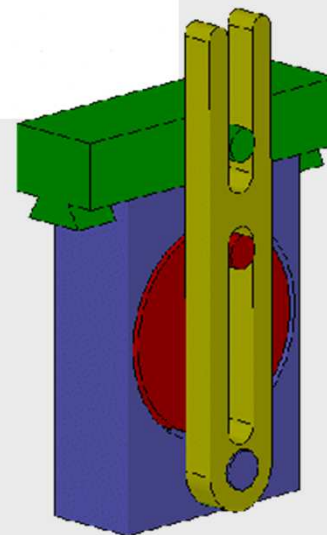
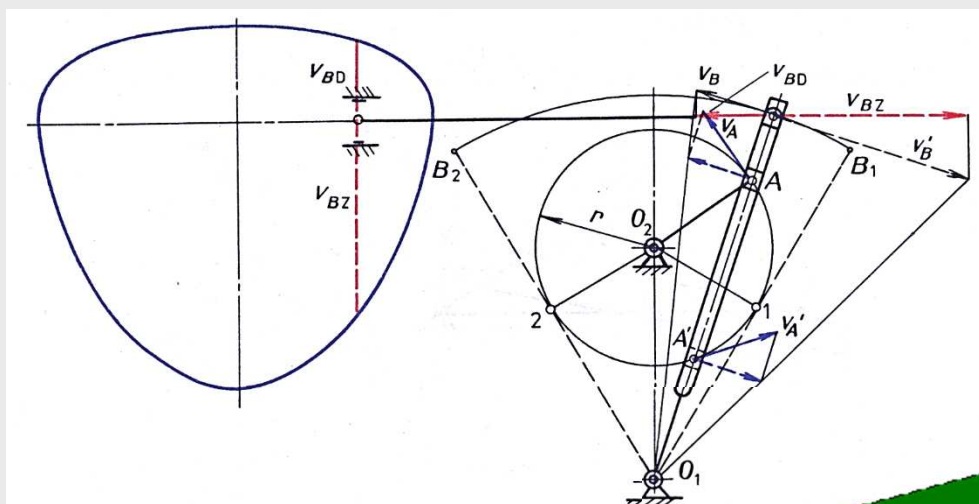


klika 1, kulisová páka 2, kámen 3,
smykadlo 4, kluzátko 6

- Mechanismus je charakteristický tím, že smykadlo 4 má při konstantní úhlové rychlosti ω kliky 1 větší rychlost v jednom směru než v opačném.
- Této vlastnosti se právě využívá v technologii práce obrážek, kde potřebujeme, aby zpětný pohyb nástroje byl daleko větší než řezná rychlost.
- Menší rychlost posuvných částí, která odpovídá otočení kliky o úhel α_1 , je při pracovním zdvihu nástroje.
- Vratná rychlost nástroje (cca dvojnásobná), je v úseku, který odpovídá otočení kliky o úhel α_2 .

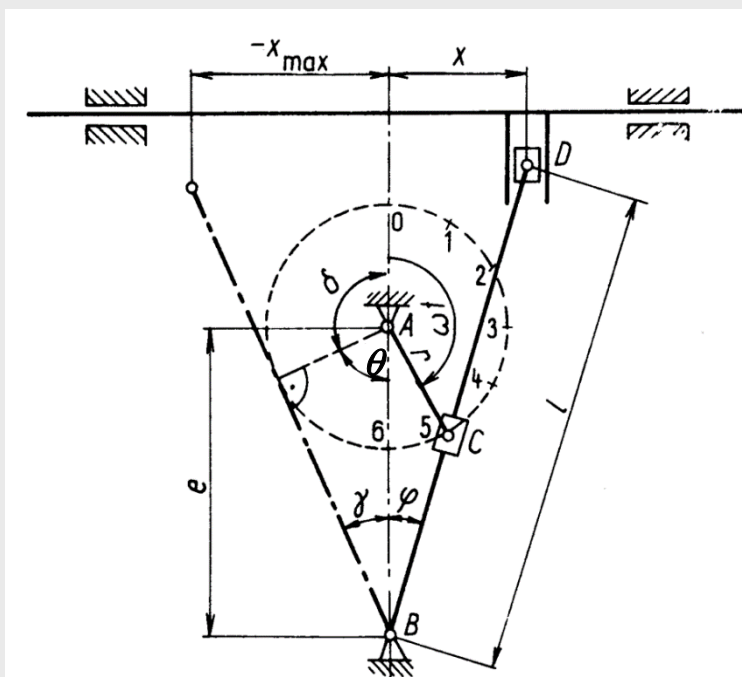


Průběh rychlosti Whitworthova mechanismu



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kinematika Whitworthova mechanismu



$$x = l \cdot \sin \varphi = \frac{l \cdot \sin(\omega \cdot t)}{\sqrt{(e/r)^2 + 1 + 2(e/r) \cdot \cos(\omega \cdot t)}}$$

$$x_{\max} = l \cdot \sin \gamma = l \cdot \frac{r}{e}$$

Doba pracovního zdvihu

$$t_p = \frac{1}{n} \cdot \frac{2\delta}{360^\circ} = \frac{\delta}{180^\circ \cdot n}$$

Doba zpětného zdvihu

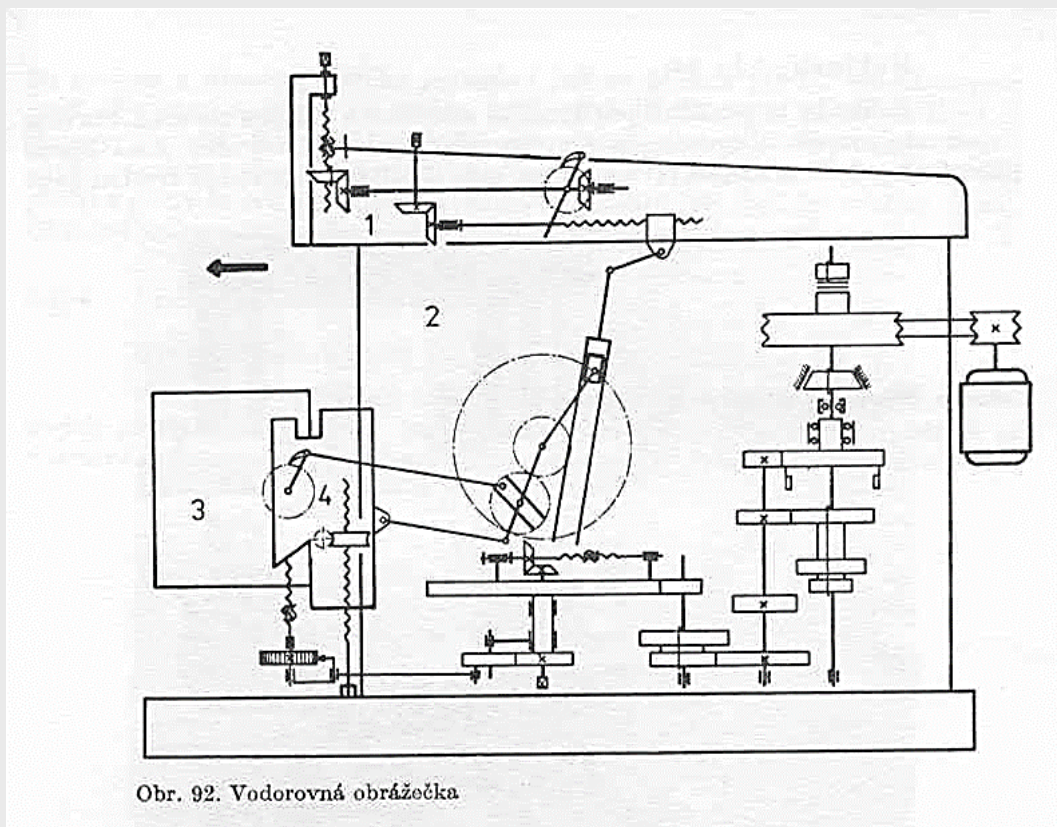
$$t_z = \frac{\theta}{180^\circ \cdot n}$$

Součinitel zvýšení rychlosti






$$k_v = \frac{t_p}{t_z} = \frac{\delta}{\theta} = \frac{\delta}{180^\circ - \delta} = 2 \div 2,75$$

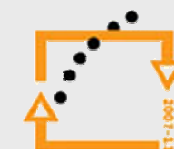


Aplikace Whitworthova mechanismu

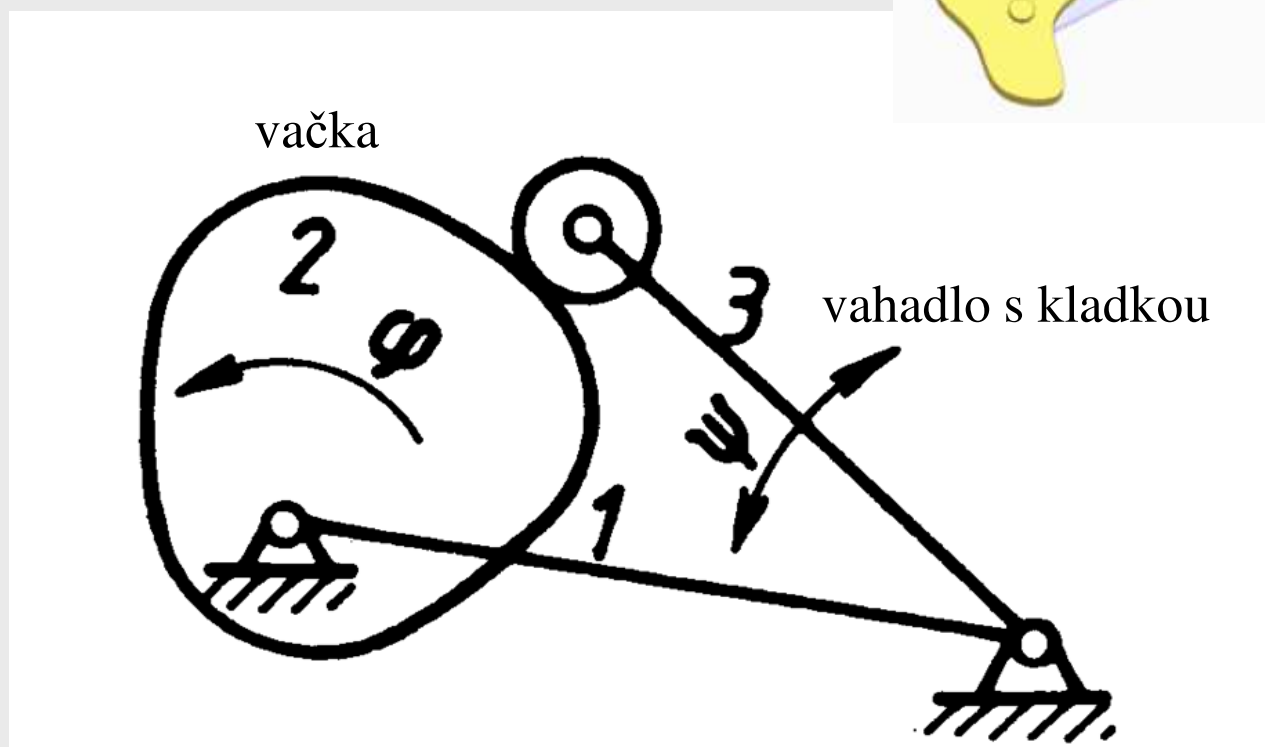
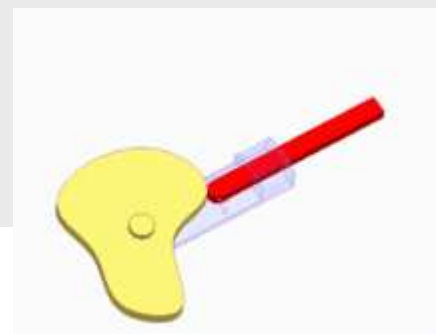


1.3 Vačkové a výstředníkové mechanismy

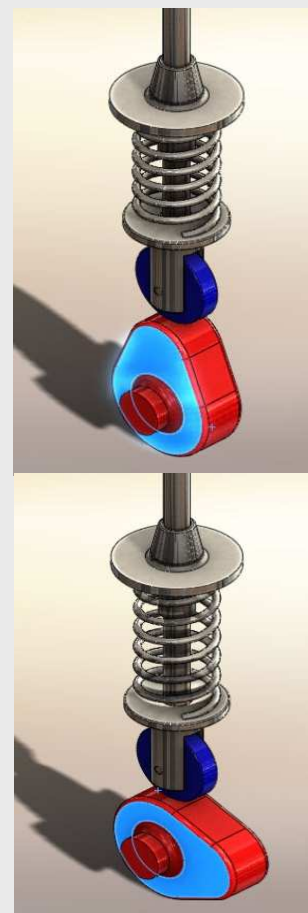
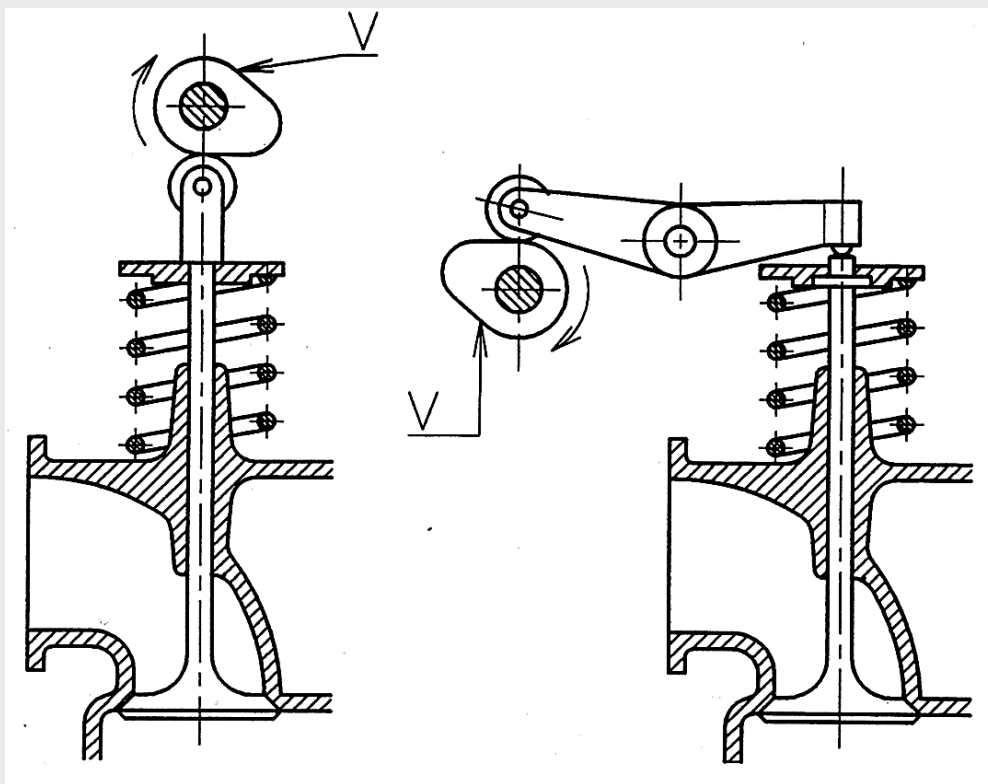
-  Vačkové mechanismy patří do křivkových mechanismů.
-  Mění rotační pohyb na pohyb posuvně vratný s malým zdvihem.
-  Zabezpečují plynulý pohyb bez rázů.
-  Mají malou hlučnost a vibrace.
-  Pohyb vstupního hřídele je možný v obou směrech otáčení.



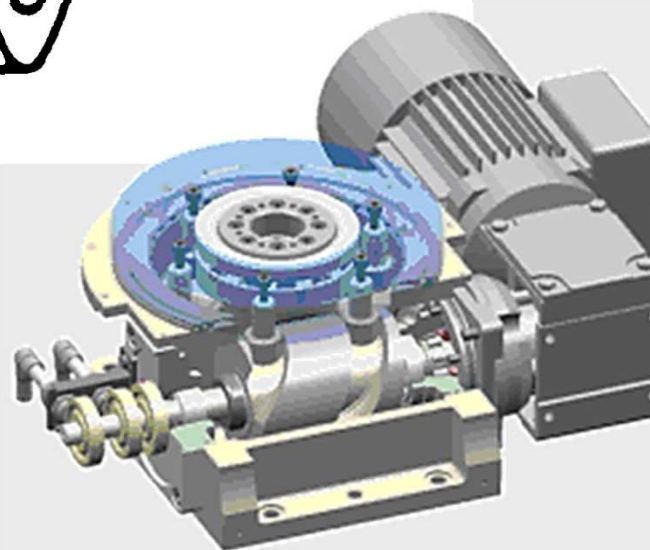
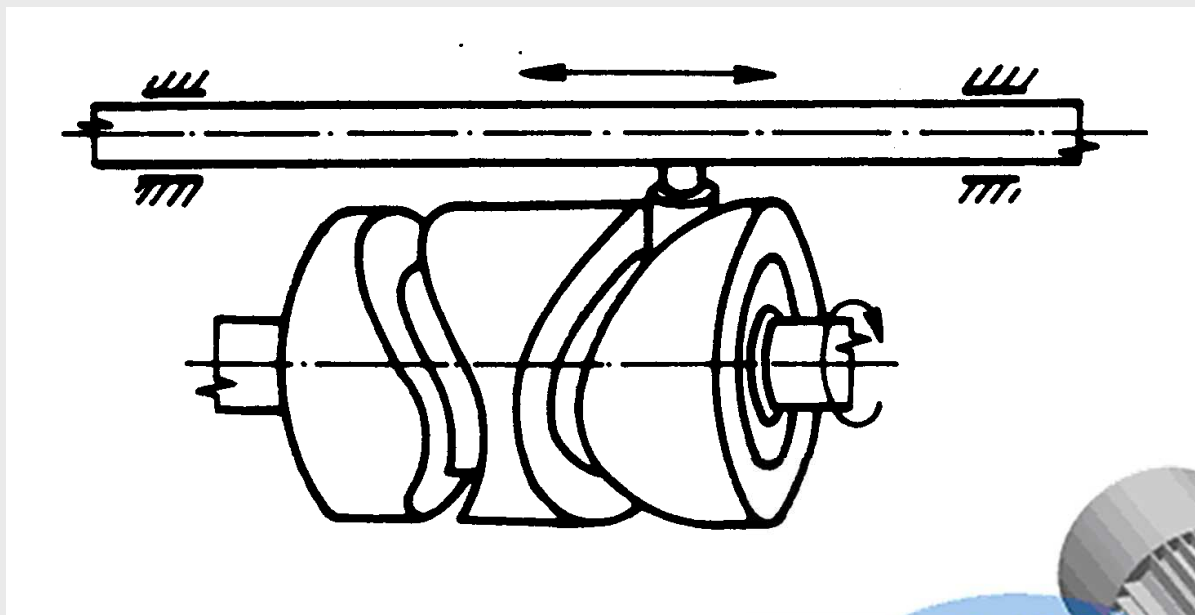
Rovinný vačkový mechanismus



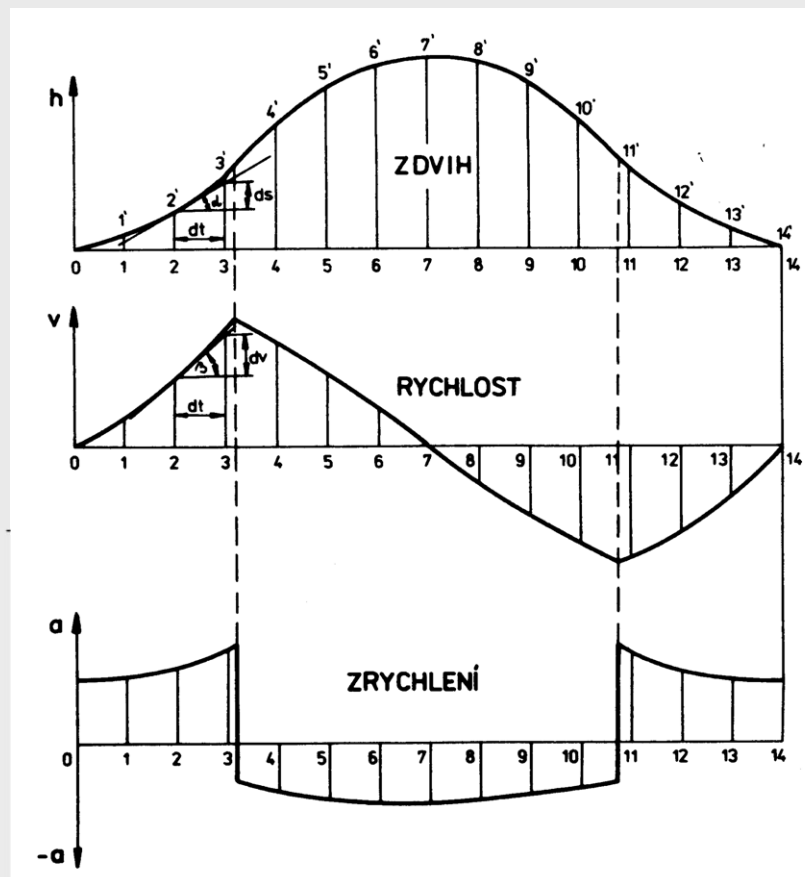
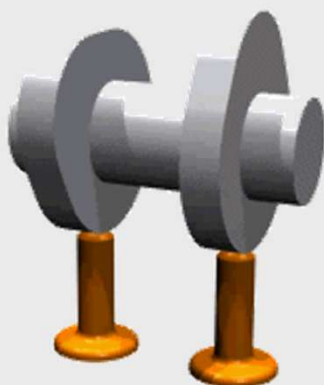
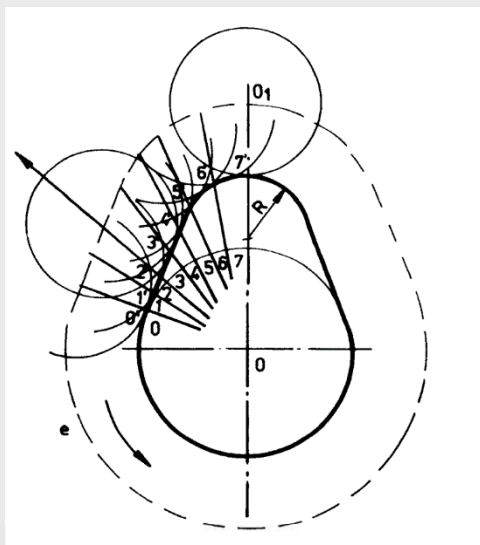
Rozvodový mechanismus SM



Prostorová vačka



Harmonická vačka

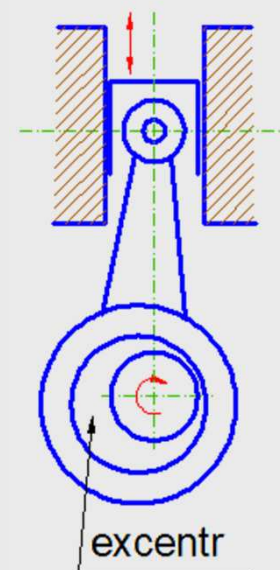
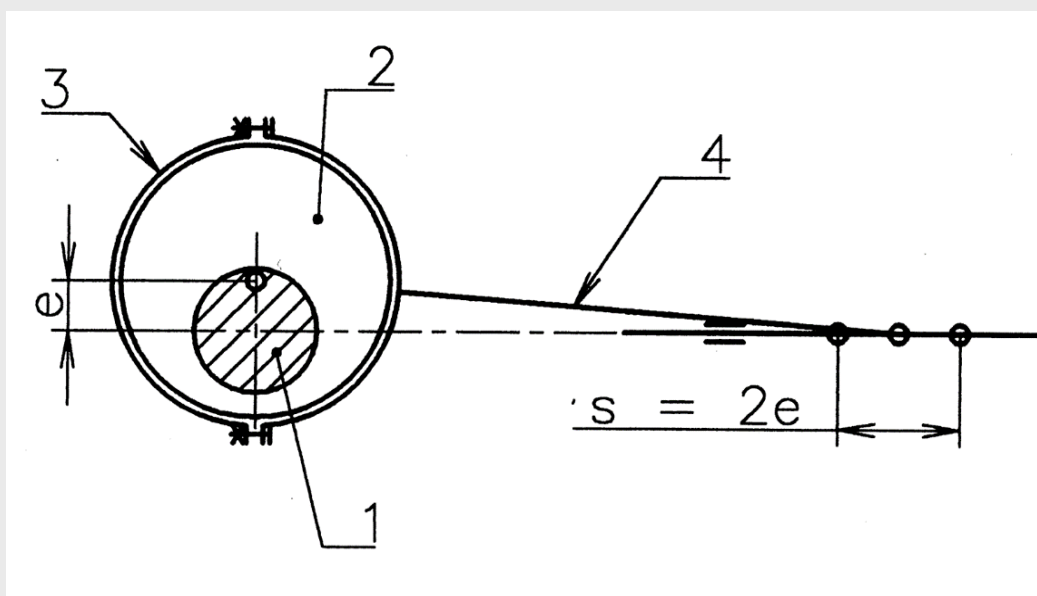


Uplatnění vačkových mechanismů

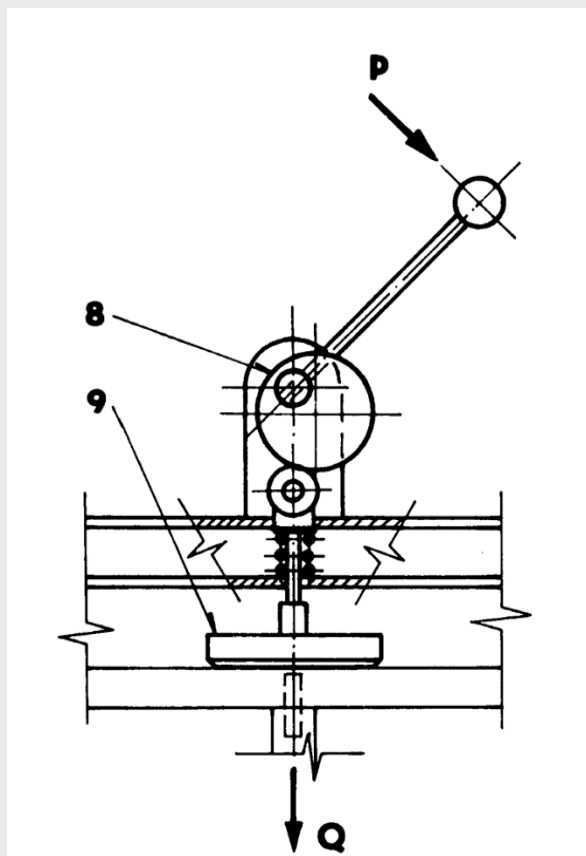
- ➡ Rovinné vačky jsou často aplikovány u rozvodových mechanismů spalovacích motorů.
- ➡ Prostorové jako otočné polohovací stoly u obráběcích stolů.
- ➡ Další využití jako podávací mechanismy, revolverové hlavy, kotoučové zásobníky, systémy výměny nástrojů, výměníky palet, posuvná zařízení do lisů).



Výstředníkový mechanismus



Výstředníková upínka



Výstředníkové upínky se používají k rychlému upnutí obrobku, požaduje-li se menší upínací síla a malý zdvih. Výhodou jsou nízké pořizovací náklady a velká spolehlivost. Výstředníkové upínací mechanismy se konstruuji tak, aby byly samosvorné.





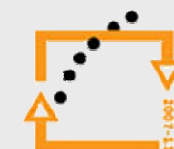
8 - výstředník (excentr), 9 - píst výstředníku s
přítlačnou podložkou,
P - ovládací síla,
Q - upínací síla

1.4 Šroubový mechanismus

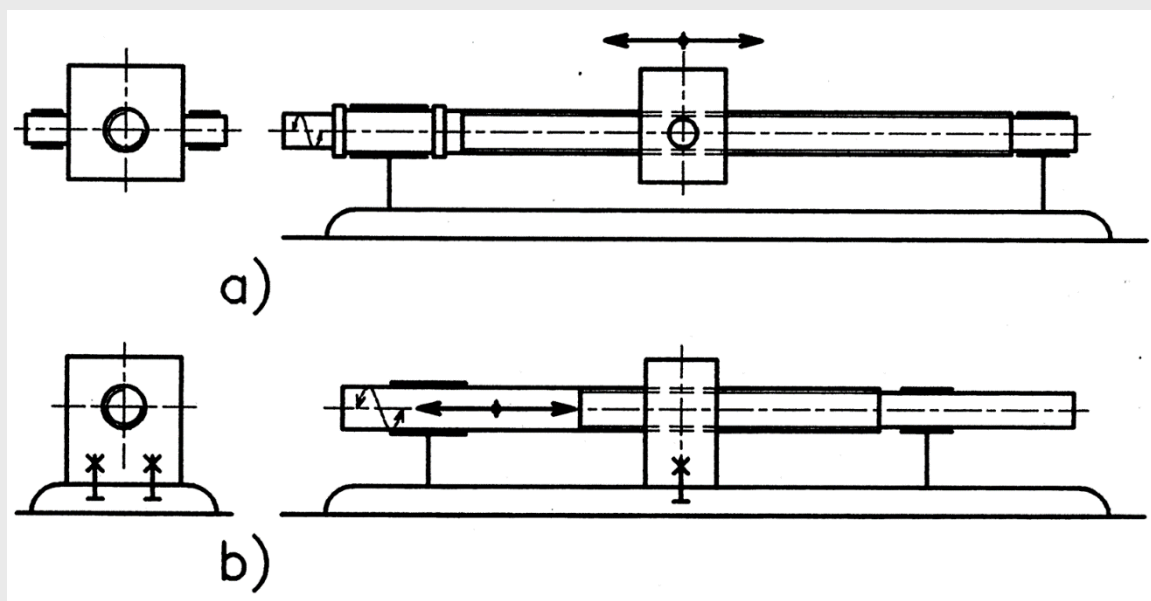
- Šroubový mechanismus slouží k přeměně otáčivého pohybu na posuvný. Kroutící moment se současně mění v osovou sílu.

Konstrukční uspořádání:

-  Šroub se otáčí na místě a neotočná matice se posouvá, např. u posuvu suportu soustruhu vodícím šroubem, u svěráku, u vřeten šoupátek apod.
-  Šroub se otáčí a posouvá, matice je nehybná, tj. šroub se šroubuje v matici, např. u šroubového zvedáku, šroubového lisu, vřeten uzavíracích ventilů.



Šroubový mechanismus s klasickým lichoběžníkovým závitem



Kinematické poměry

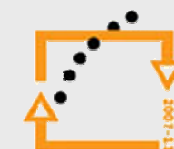
- Posuvná rychlost matice (podávací rychlost suportu)

$$v_f = s \cdot n$$

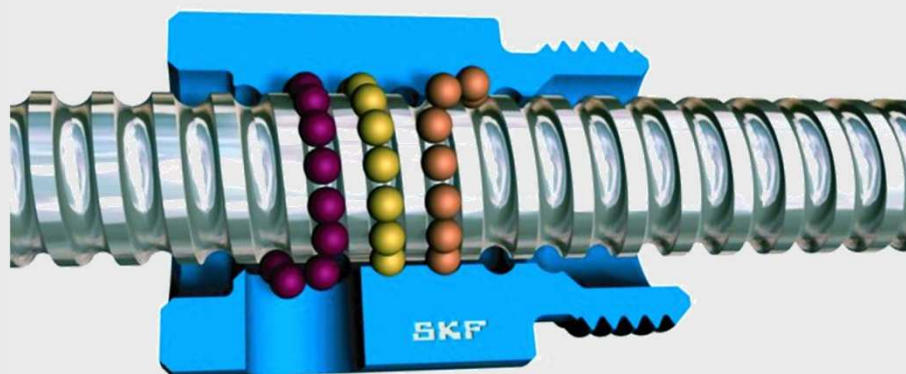
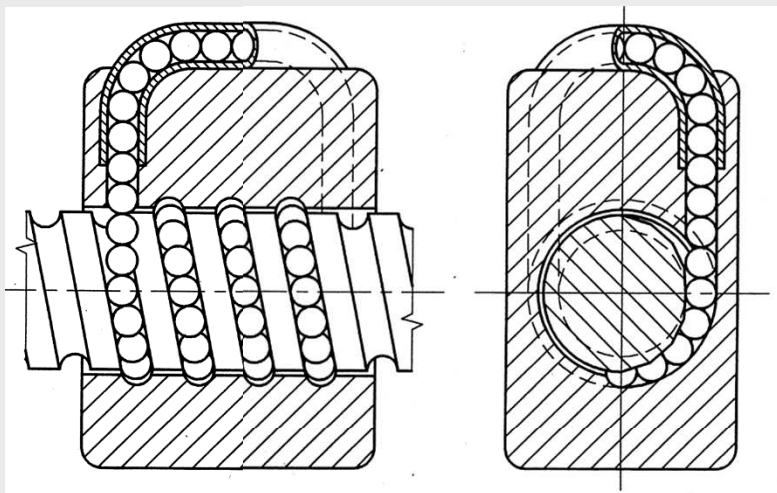
Kde v_f ... rychlost [m.min⁻¹]

s ... stoupání závitu šroubu [m]

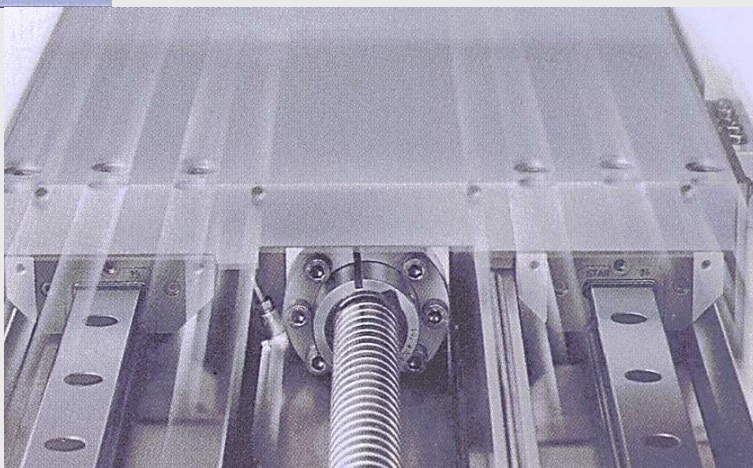
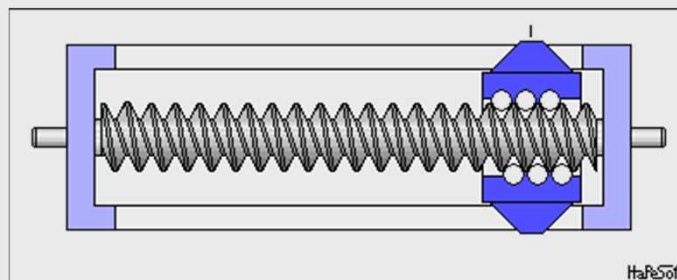
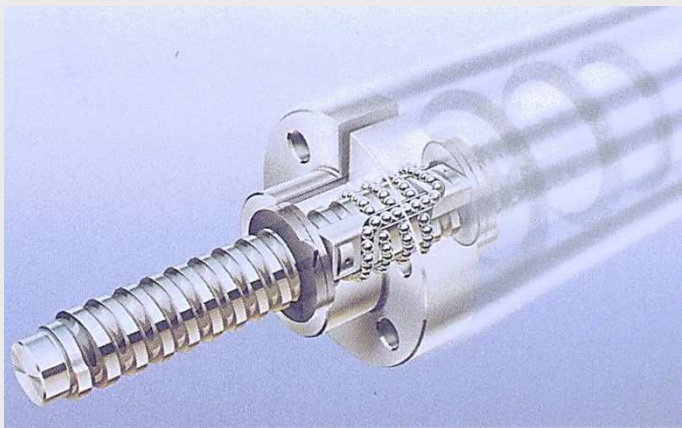
n ... otáčky šroubu [min⁻¹]



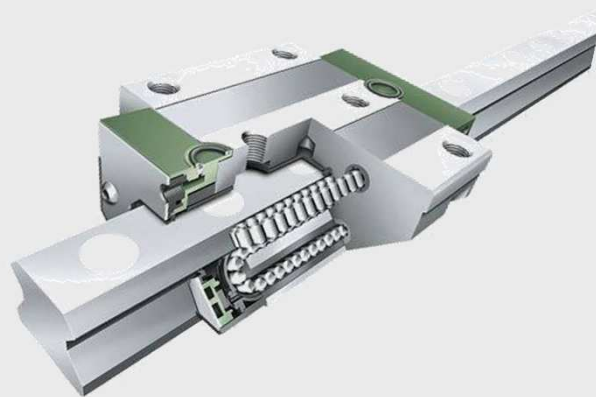
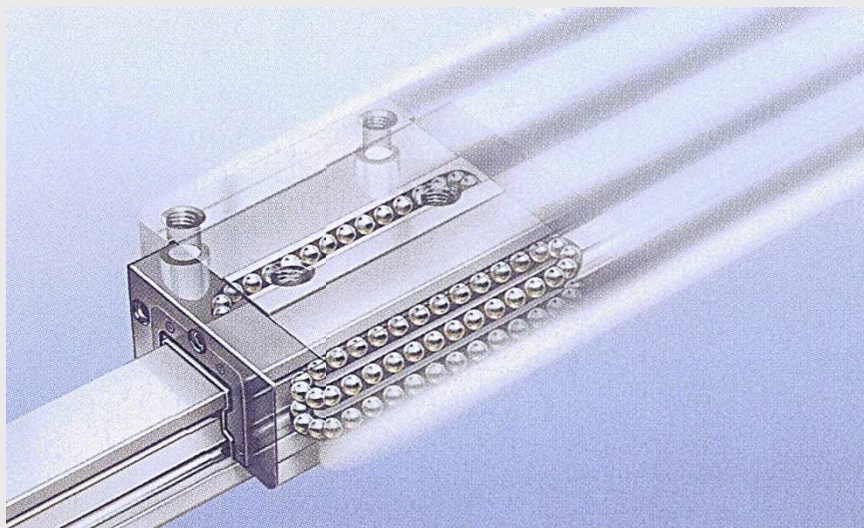
Kuličkový šroub



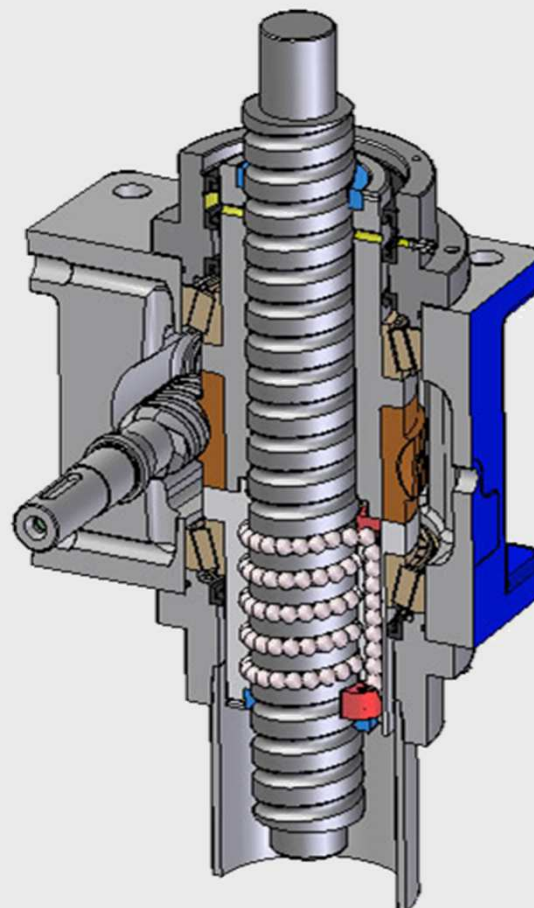
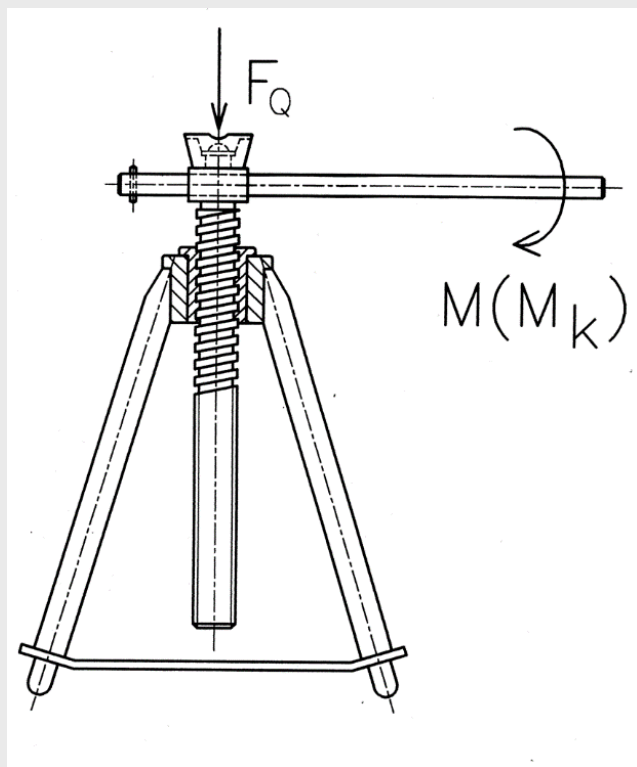
Pohyb suportu obráběcích strojů



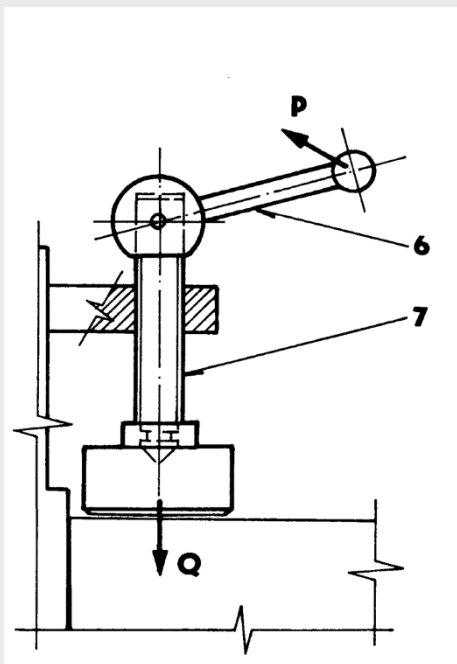
Lineární kuličkové vedení suportu



Šroubový zvedák

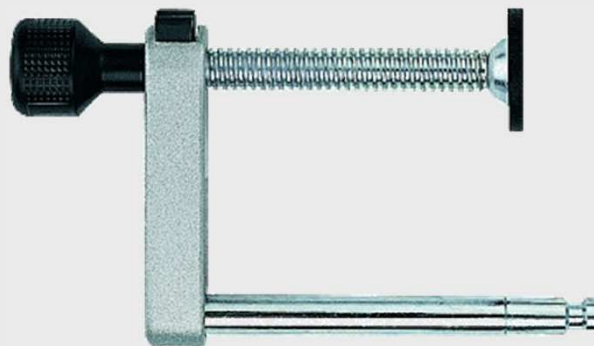


Šroubová upínka




6 - rukojeť upínky), 7 - šroub,
P - ovládací síla, Q - upínací síla




- Šroubová upínka se vyznačuje jednoduchostí, samosvorností a univerzálností. Její nevýhodou je však zdlouhavé upínání při velkém zdvihu.

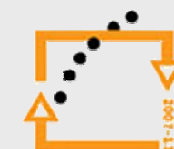


1.5 Pastorek- ozubená tyč

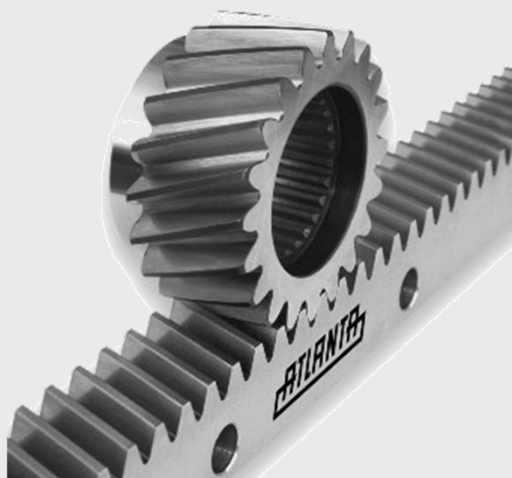
 Tento mechanismus slouží k přeměně rotačního pohybu pastorku na přímočarý vratný pohyb ozubené tyče.

Uplatnění:

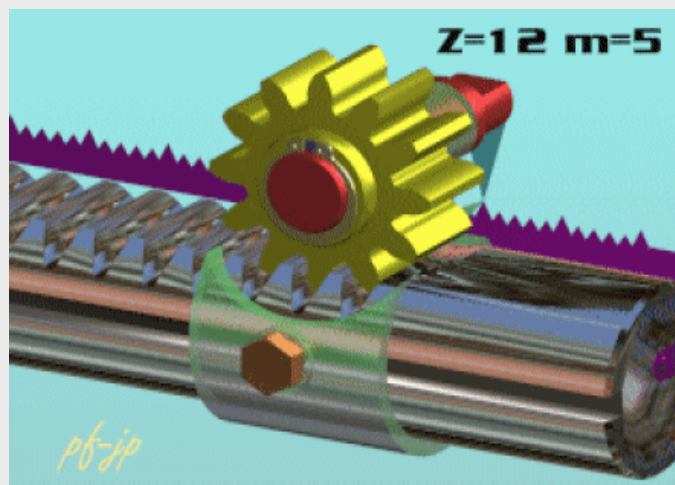
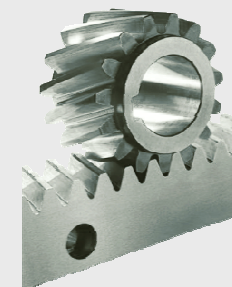
-  podávací mechanismy dřevoobráběcích strojů, např. nastavování polohy podávacích válců rámové pily,
-  pohyb suportu soustruhu, stolu sloupové vrtačky apod.,
-  hřebenové řízení automobilů.



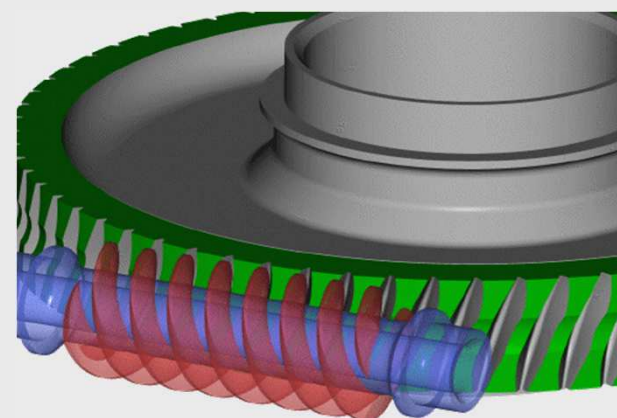
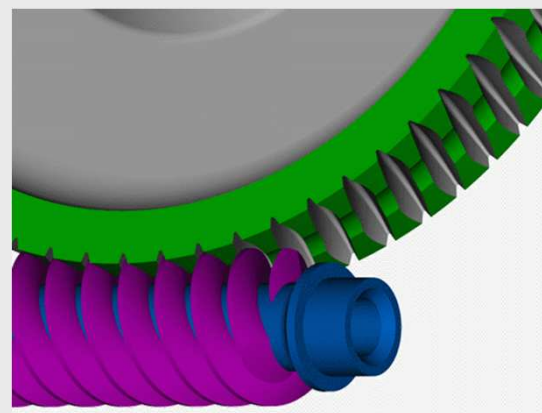
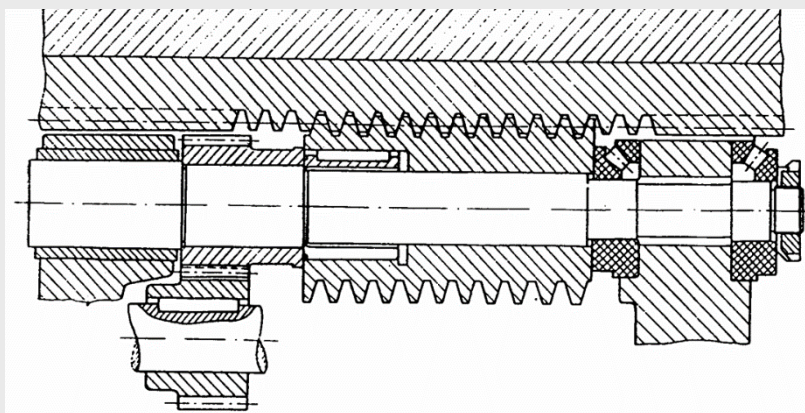
Konstrukce a charakteristika



- Spolehlivý mechanismus
- Menší přesnost
- Dobrá účinnost



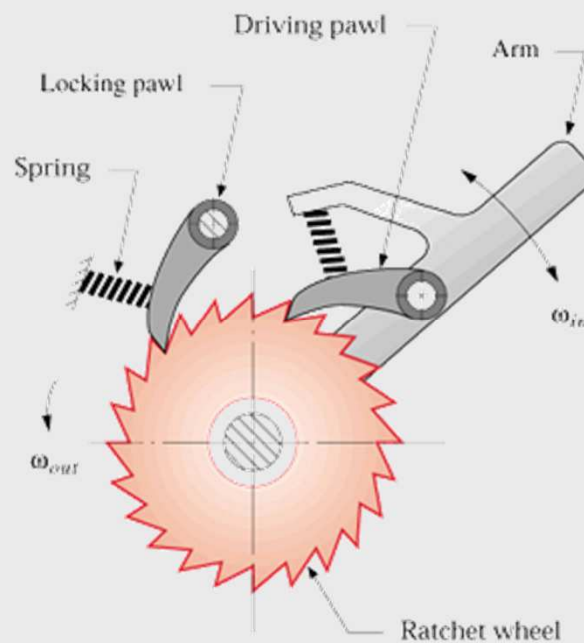
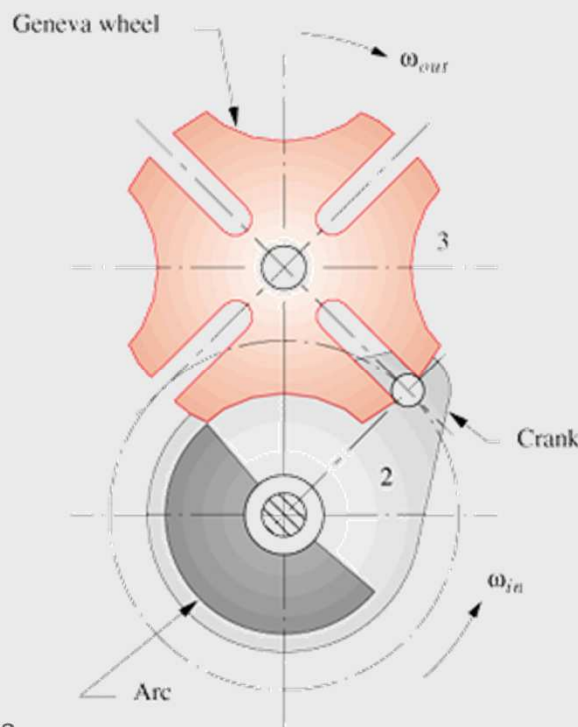
Šnek a šnekový hřeben



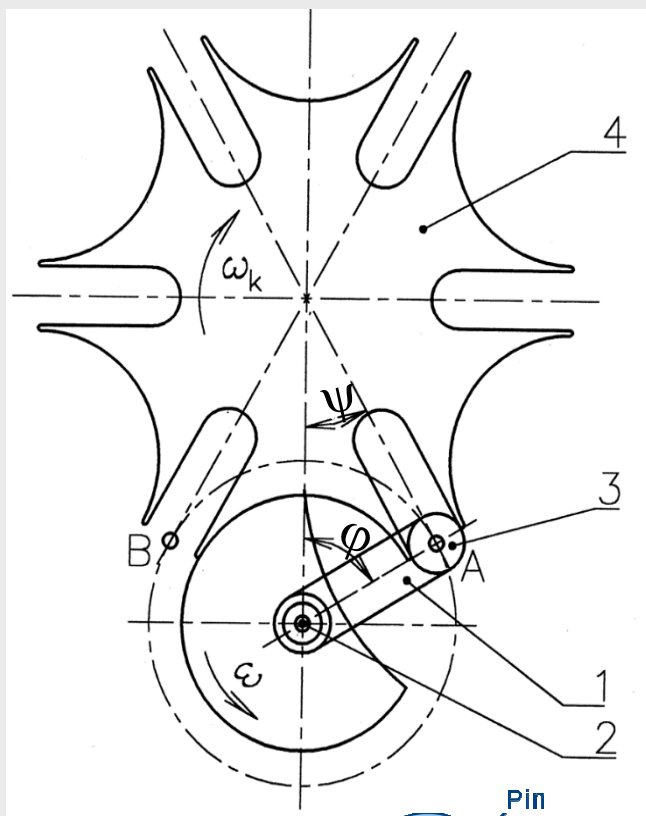
2. Mechanismy s rotačním přerušovaným pohybem

2.1 Maltézský mechanismus

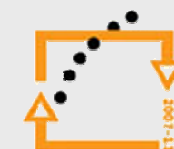
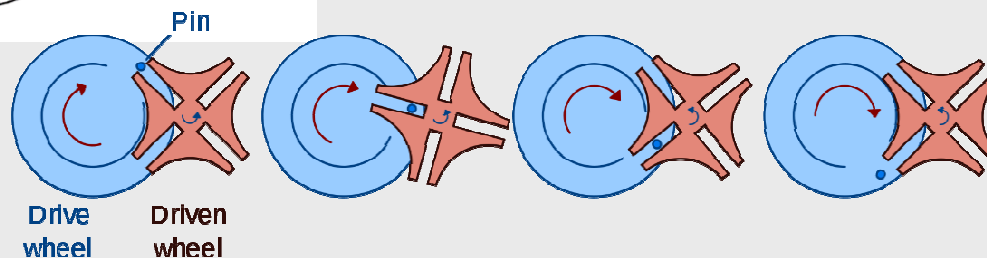
2.2 Rohatka se západkou



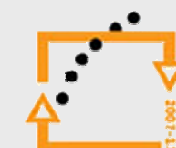
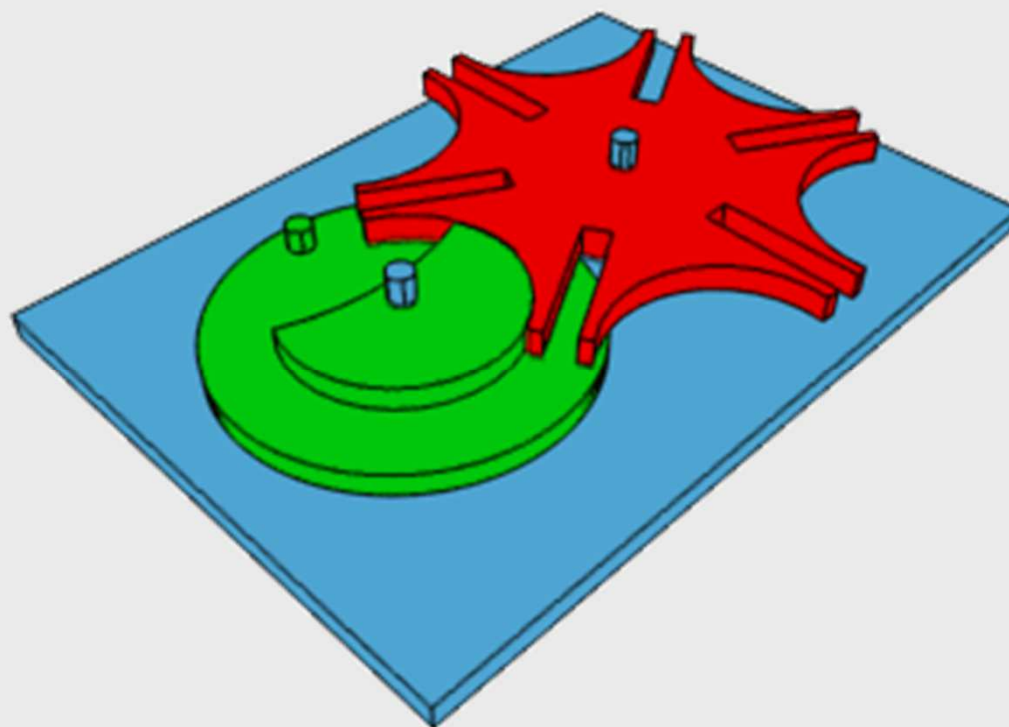
2.1 Maltézský mechanismus



- Tento mechanismus přeměňuje rovnoměrný rotační pohyb kliky 1 na periodicky přerušovaný rotační pohyb kříže (stolu) 4. Palec 3 vchází do záběru s křížem v bodě A a vychází v bodě B.
- Používá se ho k pootáčení revolverové hlavy s nástroji u obráběcího stroje, k otáčení stolu plnicího stroje (např. plnicí linky nápojů), k posunu filmu v kinematografii, apod.



Animace mechanismu



[illegible]

přičemž z geometrie vyplývá

- $$\lambda = \frac{\mathbf{r}}{\mathbf{e}} = \sin \alpha = \sin \frac{\pi}{2}$$

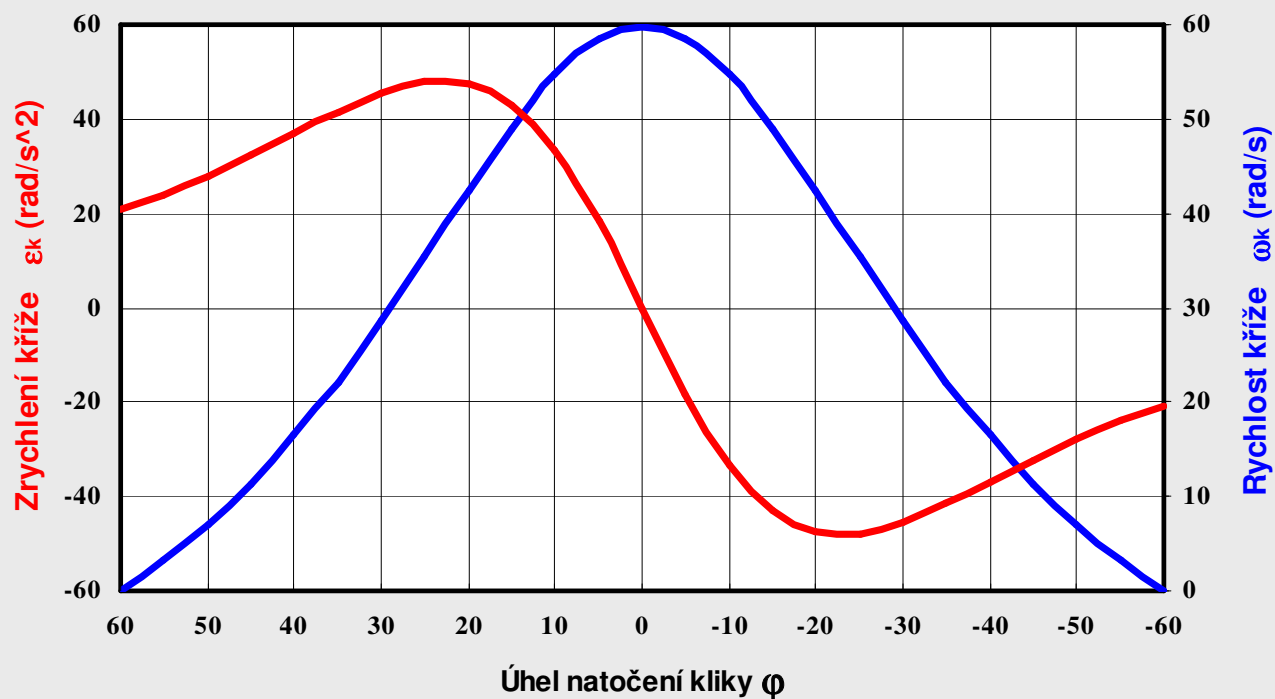
- $$\frac{\omega_{\mathbf{k}}}{\omega} = \frac{\lambda \cdot (\cos \varphi - \lambda)}{1 - 2\lambda \cdot \cos \varphi + \lambda^2}$$

- $$\mathbf{k} = \frac{\mathbf{t}_v}{\mathbf{t}_h} = \frac{2\beta}{2\pi - \beta} = \frac{z-2}{z+2}$$

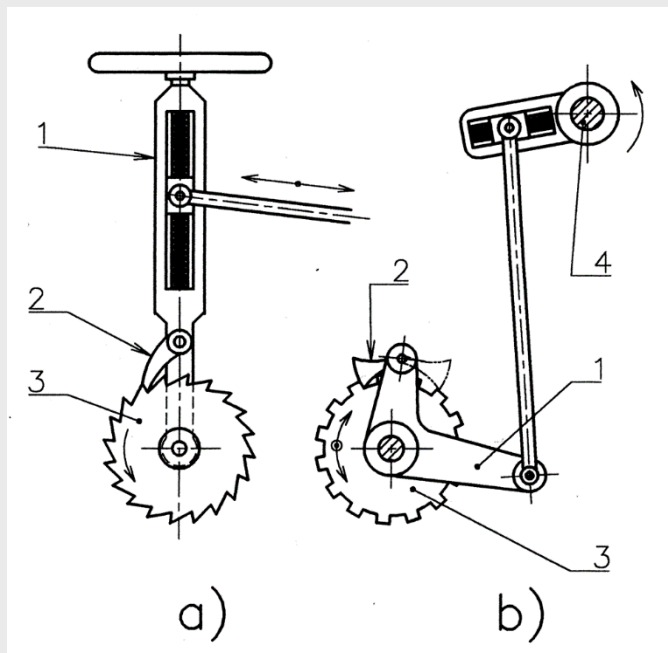
$$\beta = \pi/2 - \alpha \quad \text{a} \quad \alpha = 2\pi/2z = \pi/z$$



Závislost kinematických veličin na úhlu pootočení kliky



2.2 Rohatka západka



- Rohatka a západka patří mezi krokové mechanismy. Vyskytuje se u podávacích mechanismů starých rámových pil, obrážecích apod.
- Hlavní části jsou rohatka 3 a západka 2. Šroubový mechanismus 1 s kulisou slouží pro nastavení kroku mechanismu. Pohon je realizován buď od klikového nebo Whitworthova mechanismu.

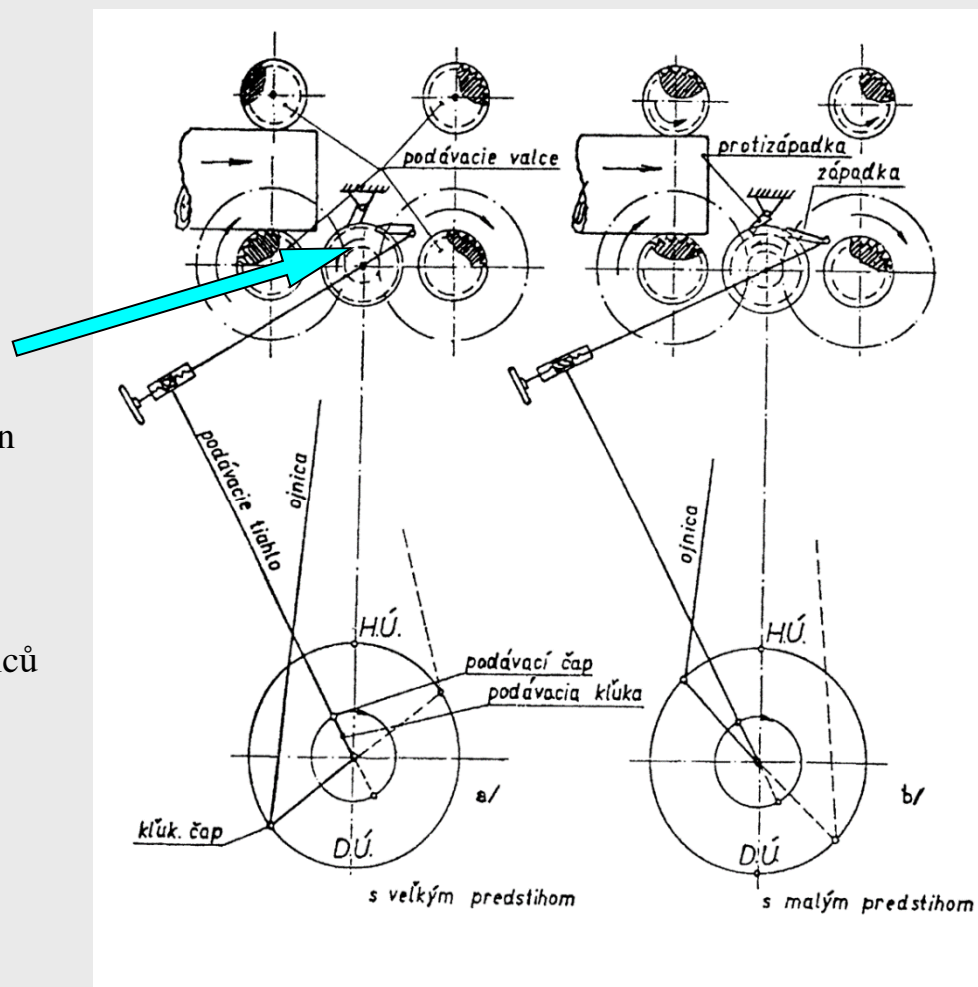
Poznámka:

Mechanismus rámové pily je obvykle vybaven ještě přidržovací západkou (zdrží) zabráňující zpětnému pohybu podávacích válců při řezání.



Aplikace u rámové pily

- Mechanismus rámové pily je obvykle vybaven ještě přidržovací západkou (zdrží, protizápadkou) zabráňující zpětnému pohybu podávacích válců při řezání.



Děkuji za pozornost

