

Ostale vrste pumpi

V. prof. dr. Edin Berberović

eberberovic@ptf.unze.ba

Ostale vrste pumpi

- ▶ Klipne pumpe
- ▶ Rotorne pumpe

Ostale vrste pumpi

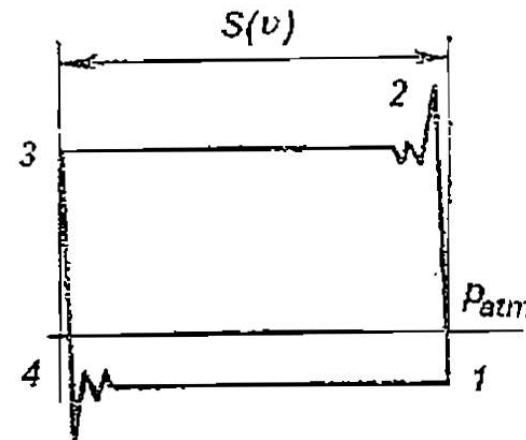
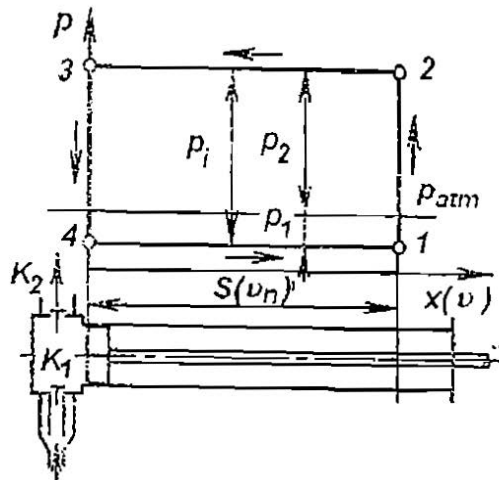
▶ Zapreminske pumpe

- ▶ Problem pumpanja sa niskim protokom i visokim prirastom pritiska ne može se efikasno riješiti centrifugalnim pumpama
 - ▶ To su slučajevi sa niskim specifičnim brojem obrtaja
- ▶ Za to se koriste zapreminske pumpe
 - ▶ Koriste se za visoke pritiske (od $\Delta p > 10\text{bar}$, pa do 1000-2000 bar), sa relativno malim protocima
 - ▶ Rad im se zasniva na promjeni zapremine u usisnoj i potisnoj komori
 - ▶ Tečnost ulazi u pumpu kada se zapremina u usisnoj komori povećava, a izlazi iz pumpe kada se zapremina u potisnoj komori smanjuje
- ▶ Podjela zapreminskih pumpi
 - ▶ Klipne
 - ▶ Rotorne

Klipne pumpe

► Princip rada klipne pumpe

- Pumpa se sastoji od cilindra sa klipom i pogonskog mehanizma
 - Teorijski i stvarni indikatorski dijagram pumpe
 - Kretanjem klipa udesno otvara se usisni ventil i tečnost ulazi u cilindar (4-1)
 - Na početku kretanja klipa udesno povećava se pritisak u cilindru (1-2)
 - Kretanjem klipa ulijevo usisni ventil se zatvara, a otvara se potisni ventil i tečnost se potiskuje u cjevovod (2-3)
 - Na početku kretanja klipa udesno pritisak u cilindru opada (3-4)



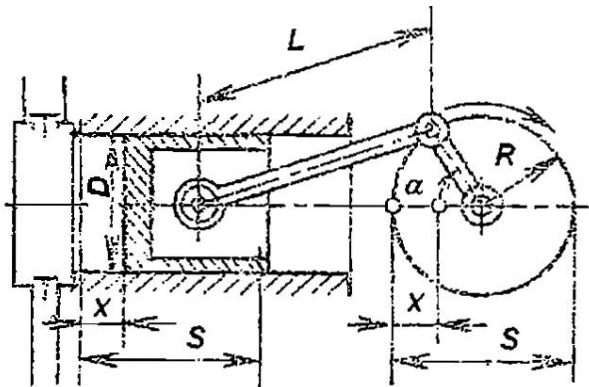
Klipne pumpe

▶ Radni parametri klipne pumpe

▶ Klipne pumpe se izvode sa jednostrukim i dvostruki dejstvom

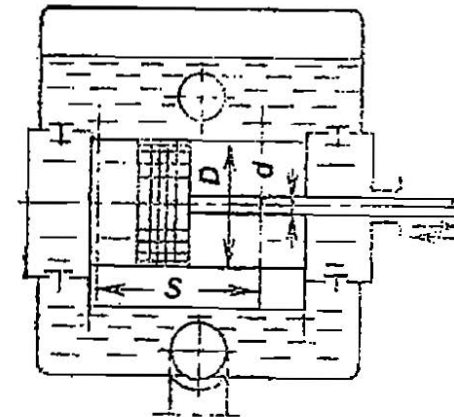
- ▶ Teorijski kapacitet (protok)
za pumpu jednostranog dejstva

$$Q_t = \frac{D^2 \pi}{4} s n$$



- za pumpu dvostranog dejstva

$$Q_t = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) s n$$



- ▶ Specifični protok (kapacitet po 1 obrtaju)

$$q_t = Q_t / n$$

- ▶ Stvarni protok $Q = \eta_0 Q_t$

Klipne pumpe

- ▶ Ukupan rad klipa za hod usisavanja i hod potiskivanja

$$p_1 As + p_2 As = (p_1 + p_2) As$$

- ▶ Unutrašnja snaga (snaga pogonskog vratila pumpe)

$$P_u = (p_1 + p_2) Asn, \quad P_u = M\omega$$

- ▶ Stvarna snaga pumpe

$$P_p = \Delta p Q = \Delta p Q_t \eta_0$$

- ▶ Koeficijent korisnog djelovanja

$$\eta_0 = \frac{Q}{Q_t}, \quad \eta_m = \frac{P_u}{P_e}, \quad \eta_h = \frac{P_p}{P_u}, \quad \eta = \eta_0 \eta_h \eta_m$$

- ▶ Moment na vratilu, pogonski moment i porast pritiska u pumpi

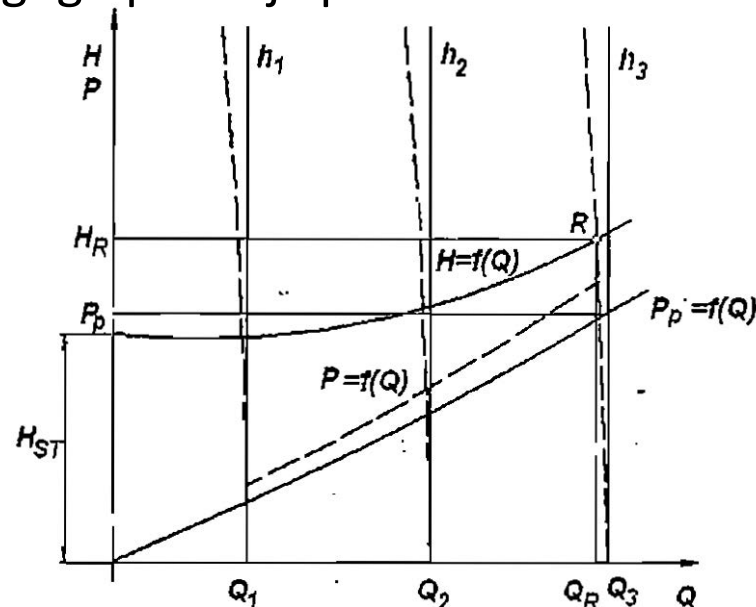
$$P_u \eta_h = P_p \Rightarrow M\omega \eta_h = \Delta p Q_t \eta_0 \Rightarrow M \cdot 2\pi n \eta_h = \Delta p q_t n \eta_0$$

$$M = \frac{\Delta p q_t}{2\pi} \frac{\eta_0}{\eta_h}, \quad M_e = \frac{M}{\eta_m}, \quad \Delta p = \frac{2\pi M}{q_t} \frac{\eta_h}{\eta_0}$$

Klipne pumpe

► Karakteristike klipne pumpe

- Za određeni broj obrtaja protok klipne pumpe je konstantan za svaki napor, stoga se nazivaju pumpe konstantnog protoka
 - Na potisnu granu obavezno se postavlja ventil za ograničenje pritiska
- Karakteristika $H(Q)$ se savija unazad, jer na visokim pritiscima je veće curenje kroz procjepe od izlazne strane (visokog pritiska) prema ulaznoj
 - Dolazi do blagog opadanja protoka na visokim pritiscima



Klipne pumpe

▶ Ublažavanje pulsacija protoka kod klipnih pumpi

- ▶ Zbog svog načina rada, klipne pumpe proizvode pulsacije protoka

- ▶ Približne jednačine kretanja klipa

$$x(t) = R[1 + \cos(\omega t)], \quad v(t) = -R\omega \sin(\omega t), \quad a(t) = -R\omega^2 \cos(\omega t)$$

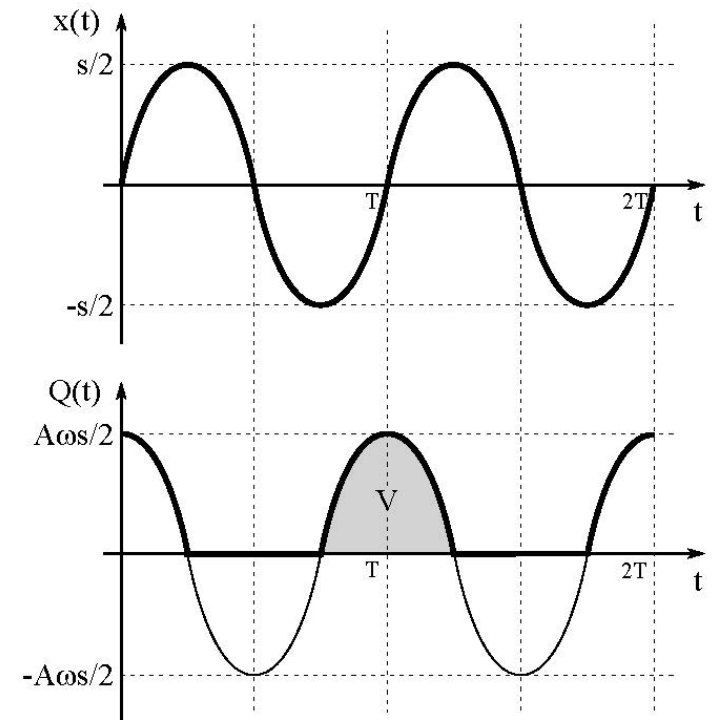
- ▶ Protok $Q(t) = Av(t)$ je definisan kao

$$Q(t) = \begin{cases} A \frac{S}{2} \omega \sin(\omega t), & \text{za } \pi < \varphi = \omega t < 2\pi \\ 0, & \text{za } 0 < \varphi = \omega t < \pi \end{cases}$$

- ▶ Maksimalni protok

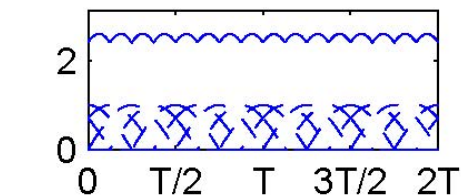
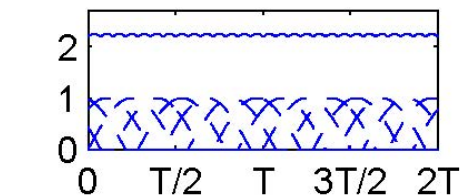
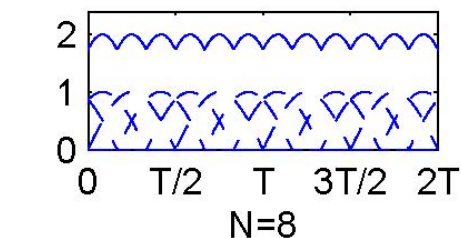
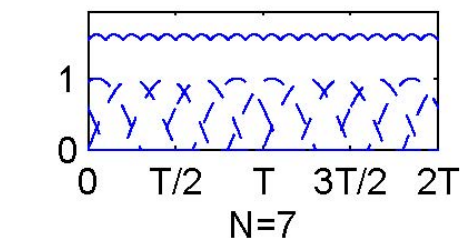
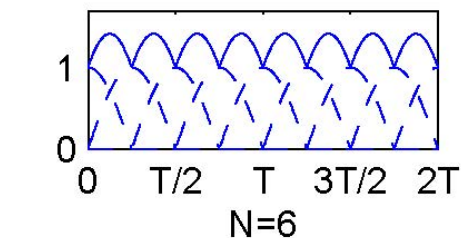
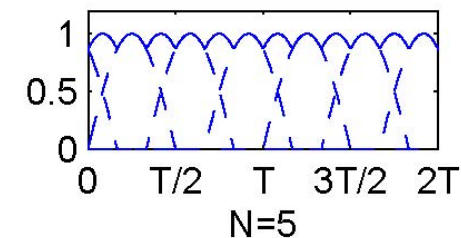
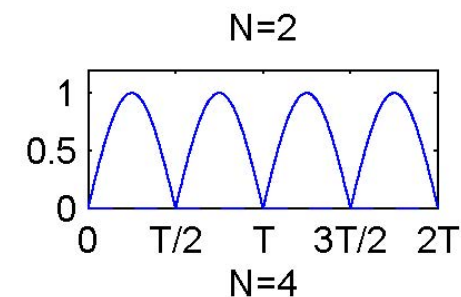
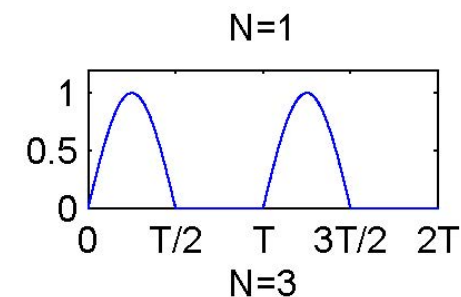
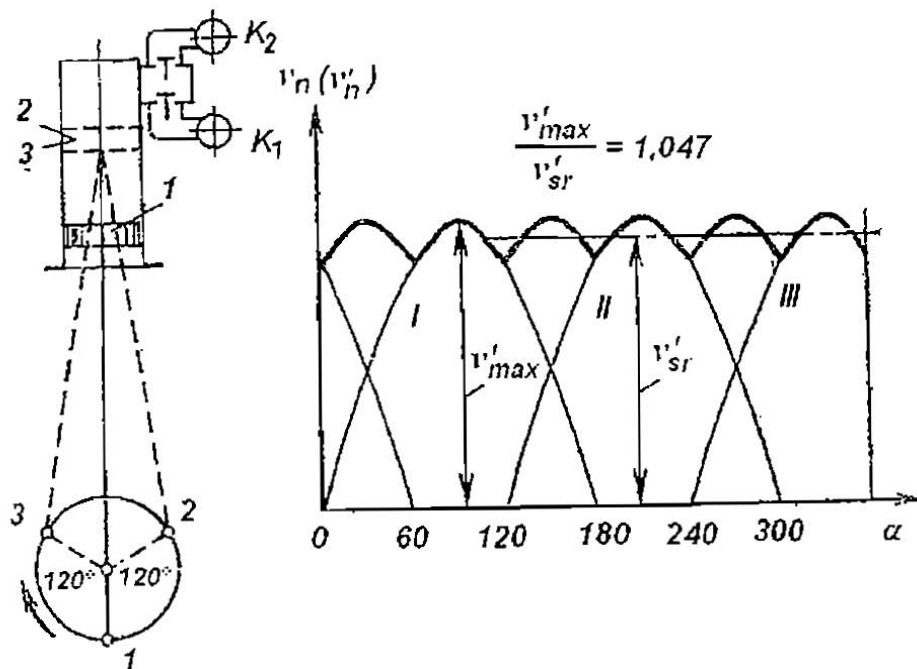
$$Q_{\max} = A \frac{S}{2} \omega = \pi A s n = \pi Q_t$$

- Dakle, Q_{\max} je 3,14 puta veće od protoka Q_t
- Velike pulsacije u radu



Klipne pumpe

- ▶ Pulsirajuće dejstvo klipne pumpe ublažava se
 - ▶ Paralelnim povezivanjem više cilindara sa faznim pomakom u radu
 - ▶ Svi cilindri imaju pogon preko istog krivajnog mehanizma



Primjer



Odrediti radne i konstruktivne parametre dvocilindrične klipne pumpe dvostranog dejstva: prečnik klipa D , hod klipa s , broj obrtaja pogonskog motora, prečnik klipnjače d , napor pumpe H_p i snagu pumpe P_p .

Zadani su podaci:

zapreminski koeficijent iskorištenja $\eta_o=0,92$

ukupni koeficijent iskorištenja $\eta=0,85$

odnos hoda i prečnika klipa $s/D=1,5$

odnos površina poprečnog presjeka klipa i klipnjače $A_D/A_d=10$

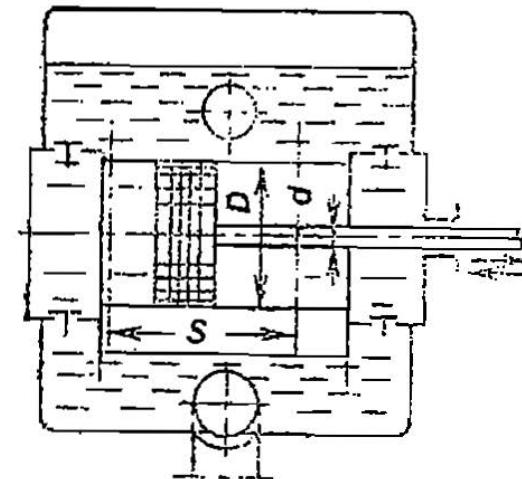
srednja brzina klipa $v=0,6$ m/s

gustina ulja $\rho=950$ kg/m³

kapacitet pumpe $Q=1,25$ m³/min

karakteristika spregnutog cjevovoda

$$H_c=40+6,4Q^2$$



Primjer



Kapacitet jednog cilindra

$$Q_1 = \frac{Q}{2} = \frac{1,25}{2} = 0,63 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) sn \eta_0$$

Uzimajući u obzir

$$s / D = 1,5 \Rightarrow s = 1,5D$$

$$A_D / A_d = 10 \Rightarrow D^2 / d^2 = 10 \Rightarrow d^2 = 0,1D^2$$

$$v = \frac{sn}{30} \Rightarrow n = \frac{30v}{s} = \frac{30 \cdot 0,6}{1,5D} = \frac{12}{D}$$

$$Q_1 = \frac{\pi}{4} (2D^2 - 0,1D^2) \cdot 1,5D \frac{12}{D} \eta_0 = 26,88 D^2 \eta_0$$

Prečnik klipa

$$D = \sqrt{\frac{Q_1}{26,88 \eta_0}} = \sqrt{\frac{0,63}{26,88 \cdot 0,92}} = 0,02 \text{ m} = 20 \text{ mm}$$

Primjer



Broj obrtaja pogonskog vratila

$$n = \frac{12}{D} = \frac{12}{0,02} = 600 \text{ min}^{-1}$$

Prečnik klipnjače

$$d = \sqrt{0,1D} = \sqrt{0,1 \cdot 0,02} = 0,0063 \text{ m} = 6,3 \text{ mm}$$

Hod klipa

$$s = 1,5D = 1,5 \cdot 0,02 = 0,03 \text{ m} = 30 \text{ mm}$$

Napor pumpe

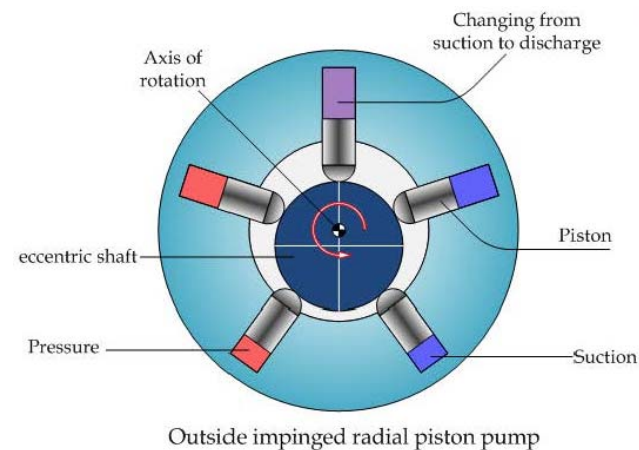
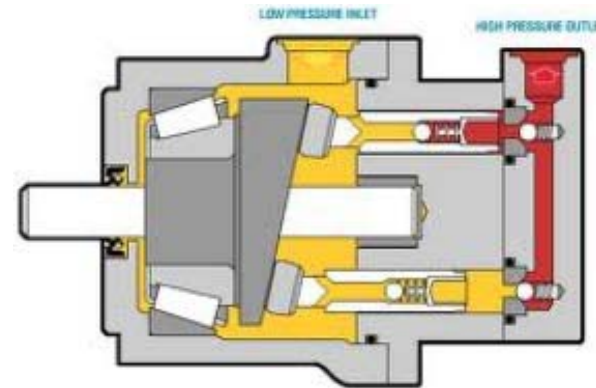
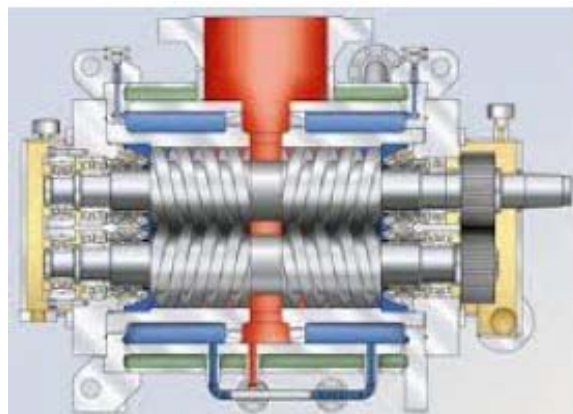
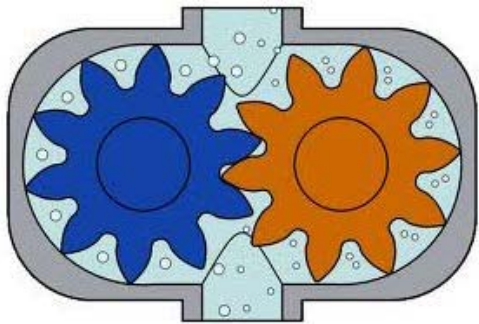
$$H_p = 40 + 6,4Q^2 = 40 + 6,4 \cdot \left(\frac{1,25}{60}\right)^2 = 40,003 \text{ m}$$

Snaga pumpe

$$P_p = \frac{\rho g H_p Q}{\eta} = \frac{950 \cdot 9,81 \cdot 40,003 \cdot \frac{1,25}{60}}{0,85} = 9137 \text{ W} = 9,137 \text{ kW}$$

Rotorne pumpe

- ▶ Vrste rotornih pumpi
 - ▶ Po konstrukciji se razlikuju
 - ▶ Zupčaste pumpe
 - ▶ Aksijalno-klipne pumpe
 - ▶ Radijalno klipne pumpe
 - ▶ Vijčane pumpe



Rotorne pumpe

▶ Zupčasta pumpa

- ▶ Jedan spregnuti zupčanik je pogonski, a drugi gonjeni

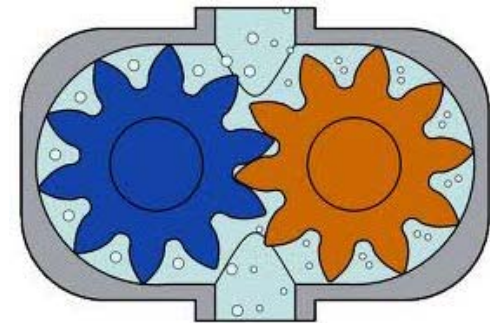
- ▶ Protok zupčaste pumpe

$$Q = (Alz_1n_1 + Alz_2n_2)\eta_0$$

A – površina poprečnog presjeka zubaca u zahvatu

l – dužina zubaca zupčanika

z i n – broj zubaca i broj obrtaja zupčanika



- ▶ Ostali radni parametri (specifični protok, moment na vratilu, snaga, ...) računaju se isto kao kod klipne pumpe

Rotorne pumpe

▶ Aksijalno-klipna pumpa

▶ Princip rada pumpe

- ▶ U kućištu (1) rotor (2) sa cilindrima (3) pumpe okreće se oko ose 0-0
- ▶ Rotor je spojen kardanom (5) preko prstena (6) sa pogonskim elektromotorom (7), čija je osa zakrenuta za ugao α
- ▶ Okretanjem prstena (6) dolazi do naizmjeničnog usisavanja tečnosti u cilindre i potiskivanja u potisni vod, preko usisnog i potisnog kanala (12) koji se tokom rotacije smjenjuju

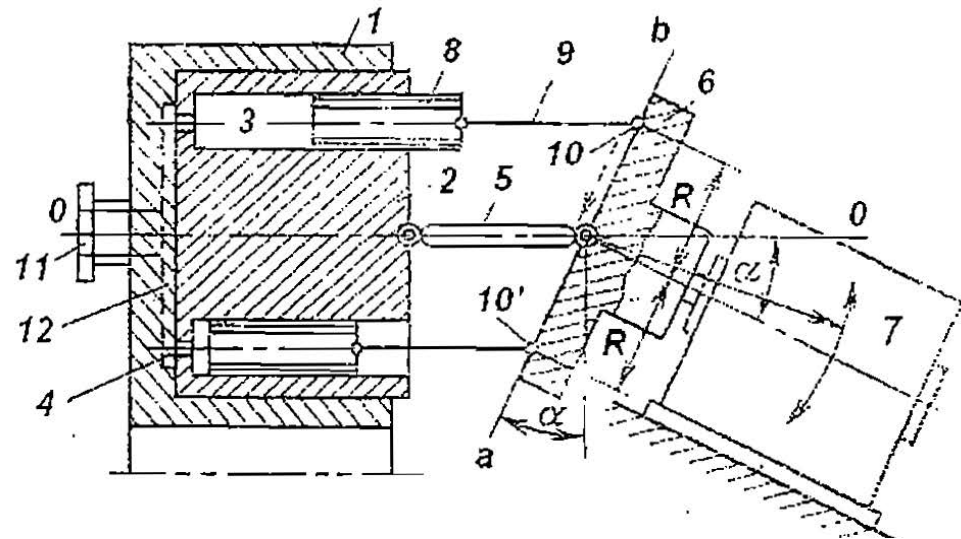
▶ Protok aksijalno-klipne pumpe

$$Q = 2R \sin \alpha \frac{d^2 \pi}{4} z n \eta_0$$

d – prečnik cilindra

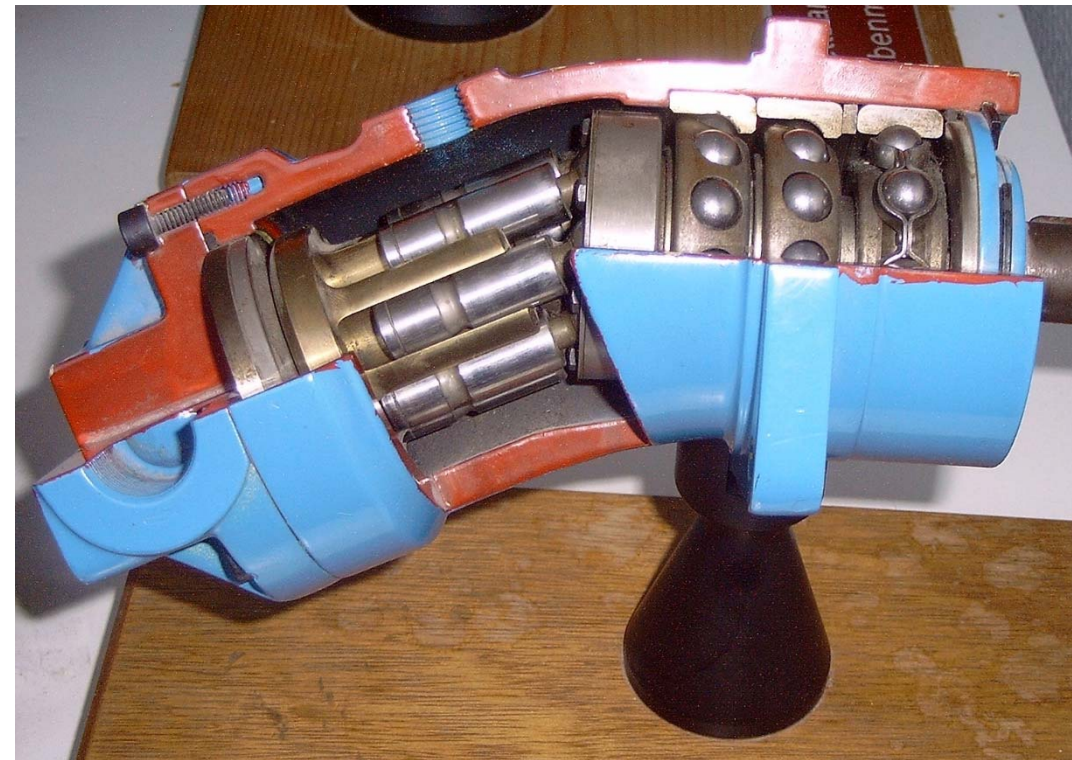
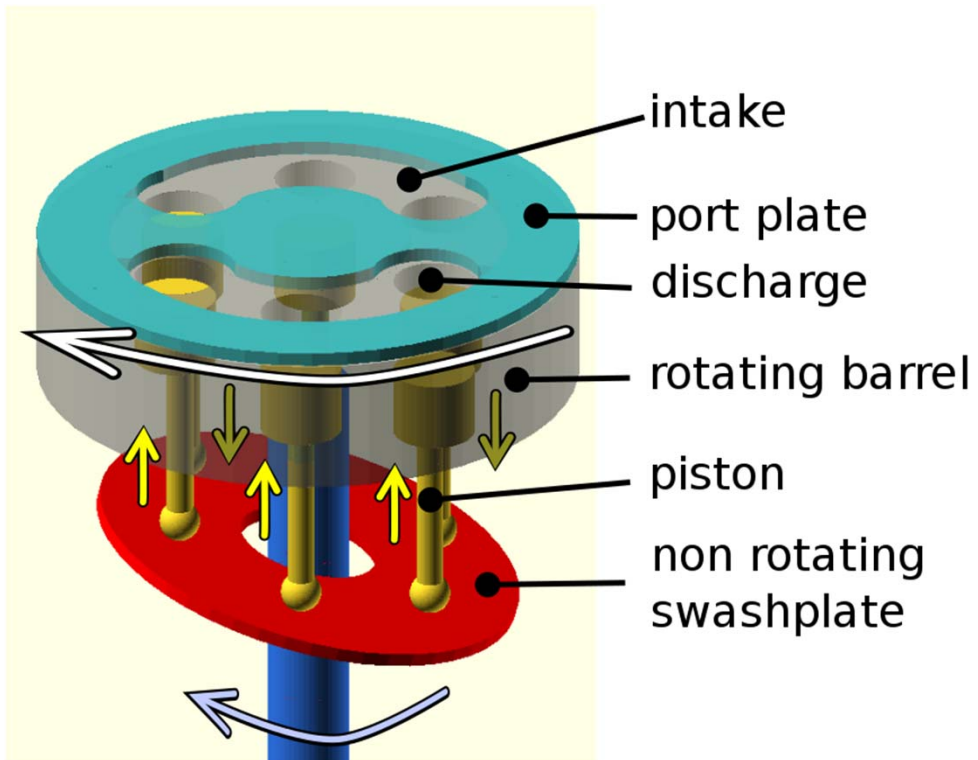
R – poluprečnik prstena

z – broj cilindara



Rotorne pumpe

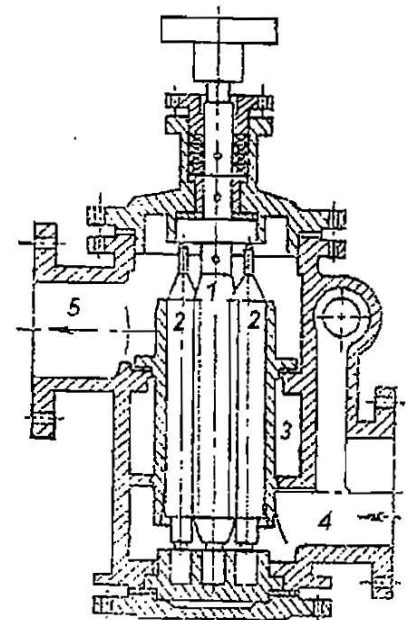
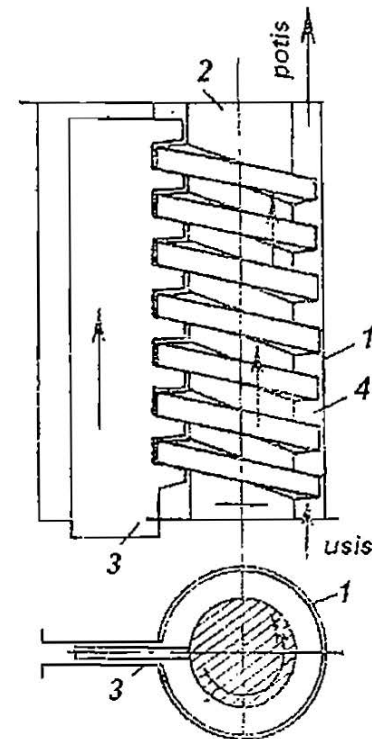
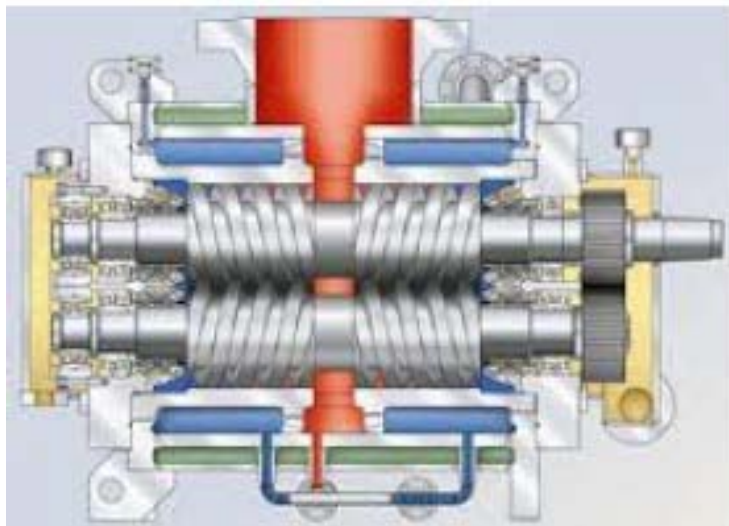
► Aksijalno-klipna pumpa



Rotorne pumpe

► Vijčana pumpa

- Često se koristi u sistemima podmazivanja



Primjer



Odrediti zapreminski koeficijent iskorištenja aksijalne klipne pumpe dvostranog dejstva, ako pumpa napuni rezervoar zapremine $1,5 \text{ m}^3$ za vrijeme $1,5 \text{ min}$. Ostali podaci su: prečnik klipa $D=0,2 \text{ m}$, prečnik klipnjače $d=0,04 \text{ m}$, hod klipa $s=0,3 \text{ m}$, broj obrtaja pogonskog vratila $n=1 \text{ s}^{-1}$.

Na osnovu teorijskog i stvarnog kapaciteta pumpe

$$Q_t = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) sn = \frac{\pi}{4} (2 \cdot 0,2^2 - 0,04^2) \cdot 0,3 \cdot 1 = 0,0185 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{1,5}{1,5 \cdot 60} = 0,0167 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\eta_0 = \frac{Q}{Q_t} = \frac{0,0167}{0,0185} = 0,9$$

Primjer



Odrediti radne parametre zupčaste pumpe čiji je stvarni protok $Q=5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ pri radnom pritisku $\Delta p=100 \text{ bar}$. Broj obrtaja pumpe je $n=1500 \text{ min}^{-1}$, a zapreminski i mehanički koeficijent iskorištenja su $\eta_o=0,85$ i $\eta_m=0,9$.

Primjer



Teorijski protok i teorijska snaga pumpe

$$Q_t = \frac{Q}{\eta_0} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,85} = 5,88 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 3,528 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$P_t = \Delta p Q_t = 100 \cdot 10^5 \cdot 5,88 \cdot 10^{-4} = 5880 \text{ W} = 5,88 \text{ kW}$$

Teorijski protok po obrtaju (specifični protok)

$$q_t = \frac{Q_t}{n} = \frac{3,528 \cdot 10^{-2}}{1500} = 2,352 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{obrtaj}} = 23,52 \frac{\text{m}^3}{\text{obrtaj}}$$

Stvarni protok i stvarna snaga pumpe

$$Q = 5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, \quad P = \Delta p Q = 100 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 5000 \text{ W} = 5 \text{ kW}$$

Teorijski moment na vratilu i pogonski moment

$$M = \frac{q_t \Delta p}{2\pi} = \frac{2,352 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \cdot 10^7}{2\pi} = 37,4 \text{ Nm}, \quad M_e = \frac{M}{\eta_m} = \frac{37,4}{0,9} = 41,6 \text{ Nm}$$