

Zapreminski kompresori

V. prof. dr. Edin Berberović

eberberovic@ptf.unze.ba

Zapreminski kompresori

- ▶ Podjela i područja rada kompresora
- ▶ Klipni kompresori
- ▶ Rotacioni kompresori

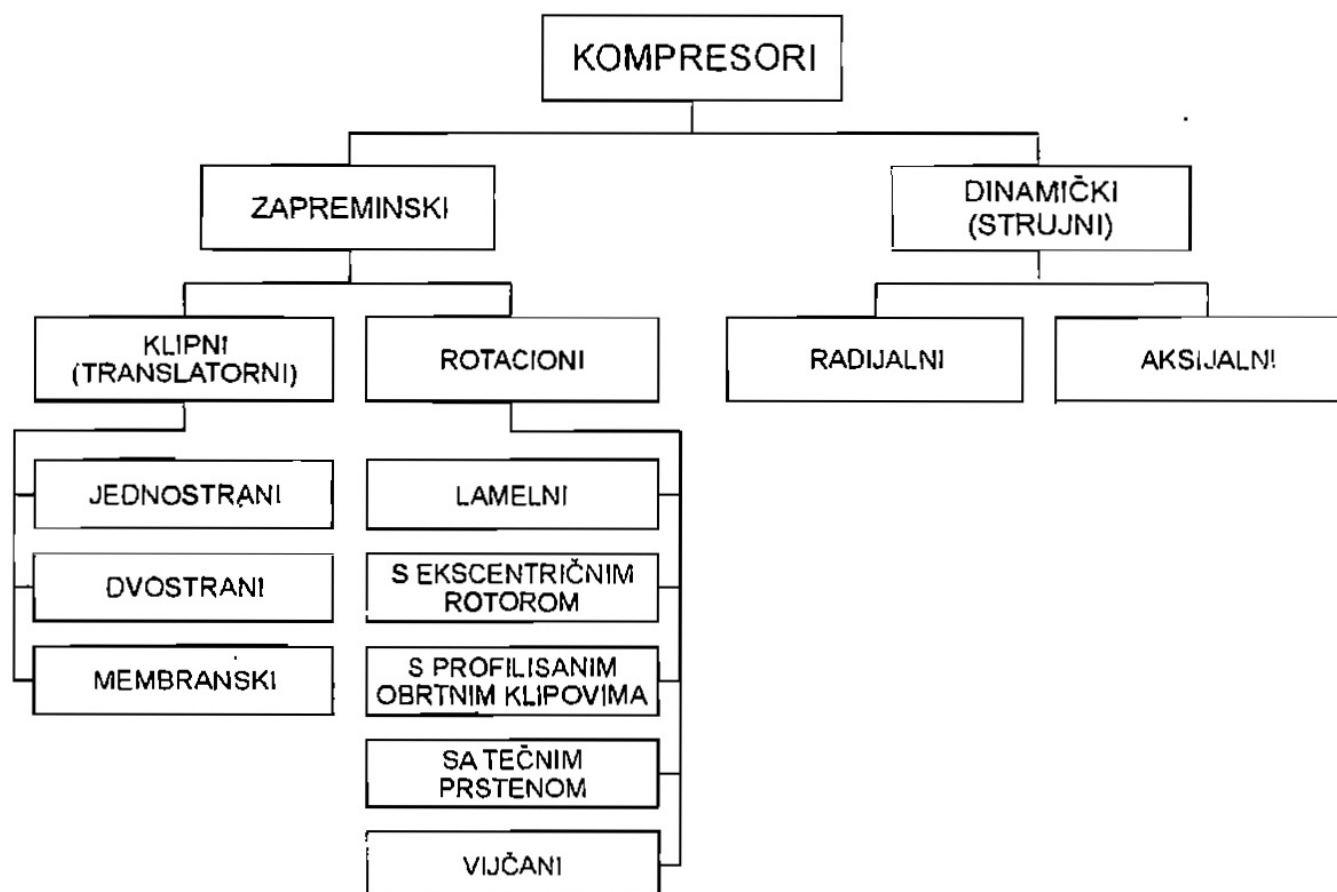
Podjela i područja rada kompresora

▶ Podjela kompresora

- ▶ Podjela mašina na osnovu krajnjeg pritiska
 - ▶ Kompresori (iznad 3 bar)
 - ▶ Duvaljke (do 3 bar)
 - ▶ Ventilatori (do 0,1 bar)
 - ▶ Vakuumpumpe (usisavaju zrak iz prostora u kojem vlada podpritisak)
- ▶ Podjela kompresora na osnovu principa rada
 - ▶ Zapreminski (klipni)
 - Sabijanje gasa se vrši smanjenjem zapremine
 - ▶ Dinamički ili strujni (turbo)
 - Sabijanje gasa se vrši ubrzavanjem, sa naknadnim usporsavanjem
- ▶ Podjela kompresora na osnovu načina postavljanja
 - ▶ Stacionarni (za veće kapacitete) i pokretni (za manje kapacitete)

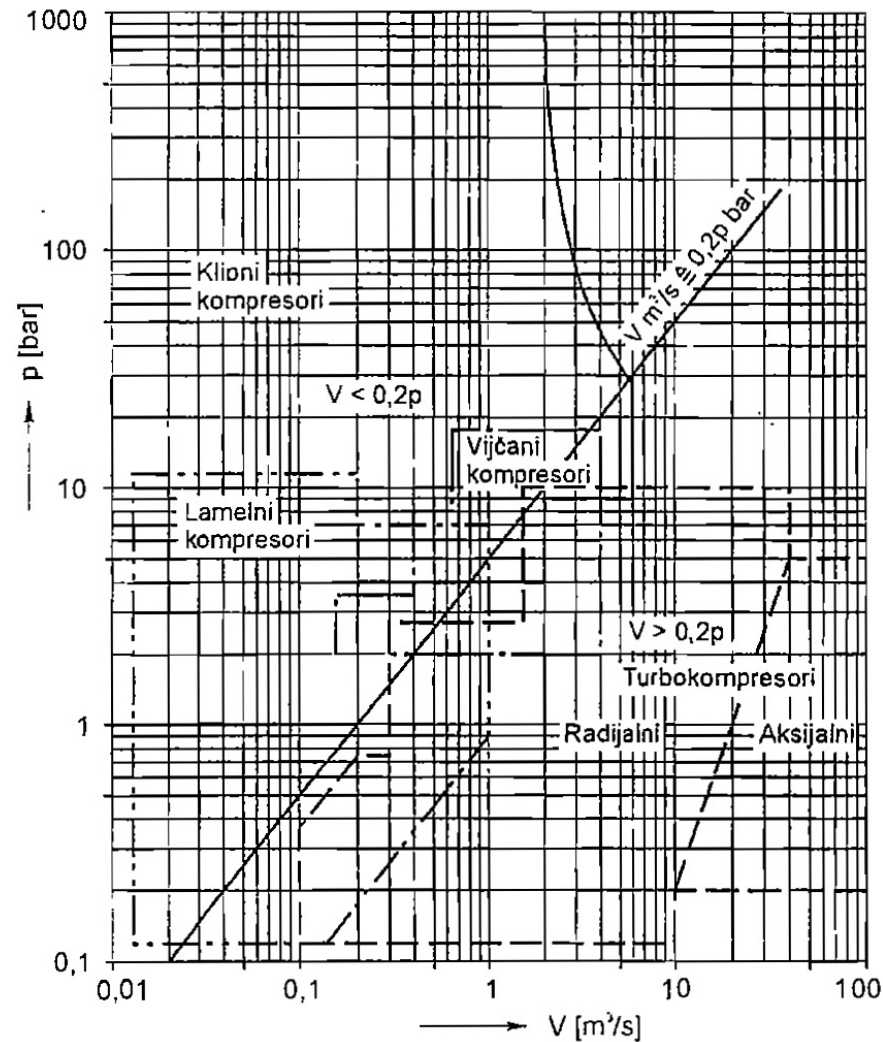
Podjela i područja rada kompresora

- ▶ Podjela kompresora na osnovu principa rada



Podjela i područja rada kompresora

► Područja rada kompresora



Klipni kompresori

► Prednosti i nedostaci klipnih kompresora

► Prednosti

- ☐ Visok stepen iskorištenja koji se ne mijenja pri primjeni krajnjeg pritiska
- ☐ Manja potrošnja energije za sabijanje u odnosu na ostale kompresore
- ☐ Mogu ostvariti visoke izlazne pritiske
- ☐ Mogu se koristiti za gasove malih specifičnih težina
- ☐ Lako se nadgleda rad kompresore

► Nedostaci

- ☐ Velike dimenzije
- ☐ Relativno mali kapacitet
- ☐ Brzo se troše dijelovi usljed trenja
- ☐ Osjetljivi na nečistoće
- ☐ Potrebni veliki temelji radi velikih inercijalnih sila
- ☐ Neravnomjerna isporuka, potrebni rezervoari za izjednačavanje pritiska

Klipni kompresori

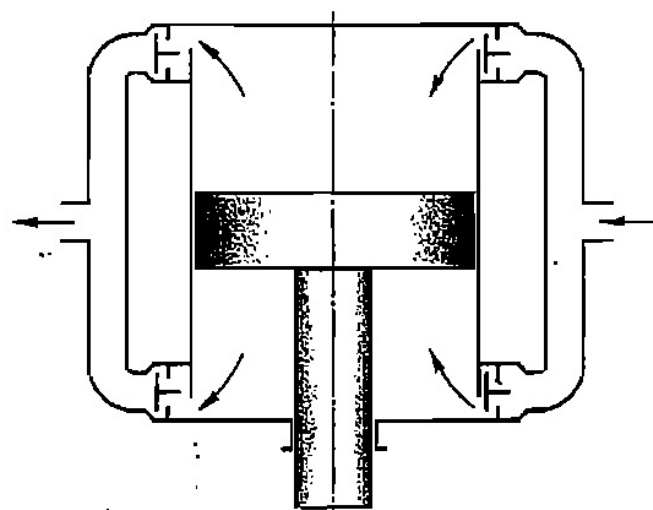
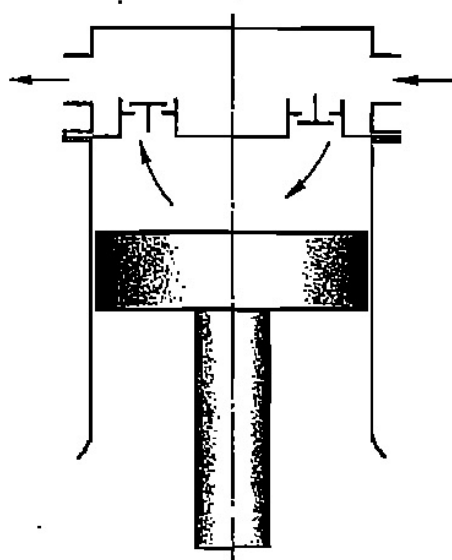
▶ Podjela klipnih kompresora

▶ Kriteriji za podjelu na osnovu

- ▶ Načina dejstva
- ▶ Položaja osa cilindara
- ▶ Posjedovanja ili neposjedovanja ukrsne glave
- ▶ Broja stepeni kompresije
- ▶ Broja cilindara
- ▶ Krajnjeg pritiska sabijanja
- ▶ Kapaciteta
- ▶ Načina hlađenja
- ▶ Broja obrtaja
- ▶ Vrste i smjera strujanja gasa
- ▶ Načina postavljanja

Klipni kompresori

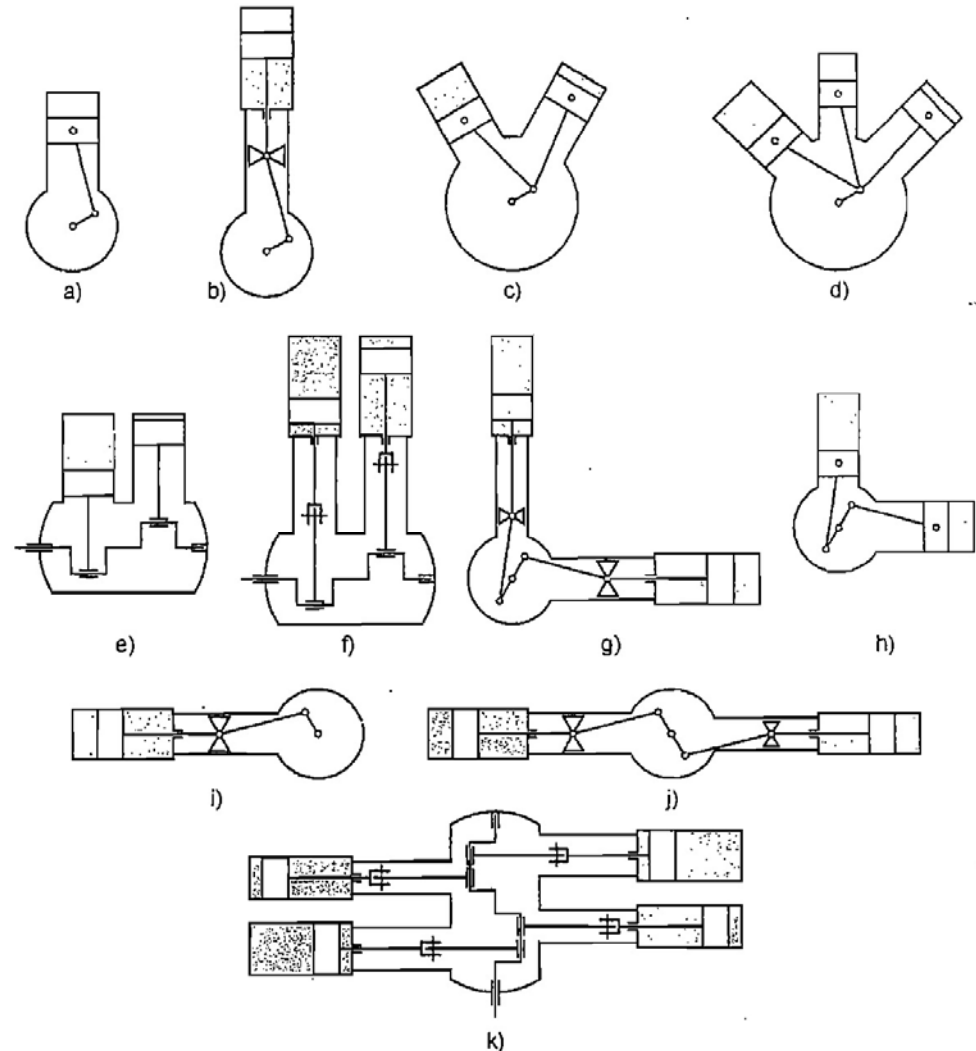
- ▶ Klipni kompresori prema načinu dejstva
 - ▶ Kompresori jednostranog dejstva
 - ▶ Sabijanje gasa vrši se samo sa jedne (klipne) strane
 - ▶ Kompresori dvostranog dejstva
 - ▶ Sabijanje gasa vrši se sa obje strane klipa (klipna i klipnjačina strana)



Klipni kompresori

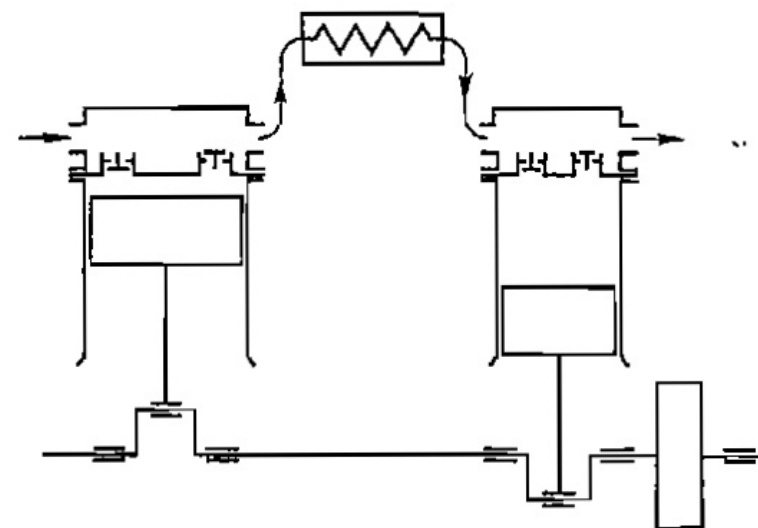
▶ Klipni kompresori prema položaju ose cilindra

- ▶ Vertikalni kompresori
- ▶ Horizontalni kompresori
- ▶ Ugaoni kompresori
 - ▶ V kompresor
 - ▶ W kompresor
 - ▶ L kompresor



Klipni kompresori

- ▶ Klipni kompresori prema posjedovanju ukrsne glave
 - ▶ Vertikalni kompresori sa i bez ukrsne glave
 - ▶ Horizontalni kompresori isključivo sa ukrsnom glavom
 - ▶ Ugaoni kompresori bez ukrsne glave kao V i W izvedba
- ▶ Klipni kompresori prema stepenu sabijanja
 - ▶ Jednostepeni kompresori (do 4 bar)
 - ▶ Dvostepeni kompresori (do 15 bar)
 - ▶ Višestepeni kompresori (preko 15 bar)



Klipni kompresori

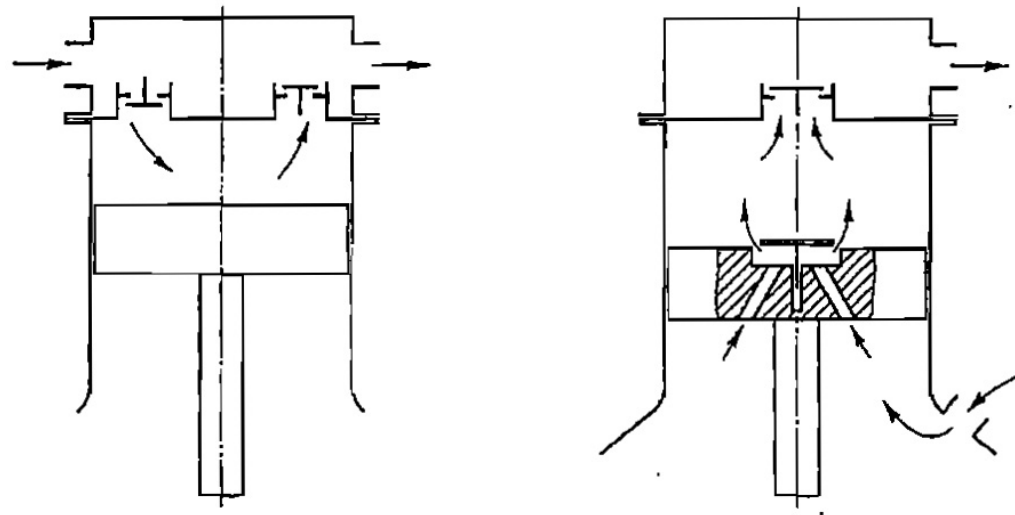
- ▶ Klipni kompresori prema broju cilindara
 - ▶ Jednocilindrični kompresori
 - ▶ Višecilindrični kompresori
- ▶ Klipni kompresori prema pritisku sabijanja
 - ▶ Kompresori niskog pritiska (3 do 10 bar)
 - ▶ Kompresori srednjeg pritiska (10 do 150 bar)
 - ▶ Kompresori visokog pritiska (preko 150 bar)
- ▶ Klipni kompresori prema kapacitetu
 - ▶ Kompresori malog kapaciteta (do 600 m³/h)
 - ▶ Kompresori srednjeg kapaciteta (600 do 6000 m³/h)
 - ▶ Kompresori visokog kapaciteta (preko 6000 m³/h)

Klipni kompresori

- ▶ Klipni kompresori prema načinu hlađenja
 - ▶ Kompresori sa zračnim hlađenjem (za niske kapacitete)
 - ▶ Kompresori sa vodenim hlađenjem (za visoke kapacitete)
- ▶ Klipni kompresori prema broju obrtaja vratila
 - ▶ Sporohodni kompresori (do 200 min^{-1})
 - ▶ Srednje brzohodni kompresori (200 do 450 min^{-1})
 - ▶ Brzohodni kompresori (preko 450 min^{-1})
- ▶ Klipni kompresori prema vrsti gasa
 - ▶ Zračni
 - ▶ Kiseonički
 - ▶ Azotni, ...

Klipni kompresori

- ▶ Klipni kompresori prema smjeru strujanja gasa
 - ▶ Kompresori sa istosmjernim strujanjem gasa
 - ▶ Kompresori sa promjenjivim smjerom strujanja gasa



- ▶ Klipni kompresori prema načinu postavljanja
 - ▶ Stacionarni kompresori (za veće kapacitete)
 - ▶ Pokretni kompresori (za manje kapacitete)

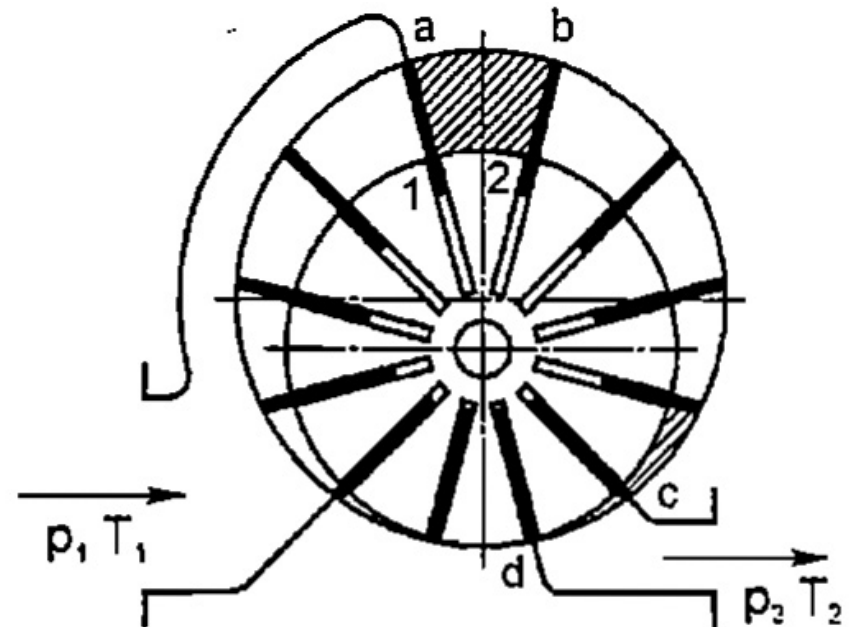
Rotacioni kompresori

- ▶ Osnovni način rada rotacionih kompresora
 - ▶ Promjena zapremine gasa se ostvaruje promjenom relativnog položaja klipa (rotacijom rotora) u odnosu na cilindar
- ▶ Podjela rotacionih kompresora prema broju rotora
 - ▶ Kompresori sa jednim rotorom
 - ▶ Lamelni kompresori
 - ▶ Kompresori sa ekscentričnim rotorom
 - ▶ Kompresori sa dva rotora
 - ▶ Duvaljke
 - ▶ Vijčani kompresori

Rotacioni kompresori

▶ Lamelni kompresori

- ▶ Kućište tj. cilindar
- ▶ Ekscentrično postavljen rotor (u osi presjeka statora)
- ▶ Klizne lamele



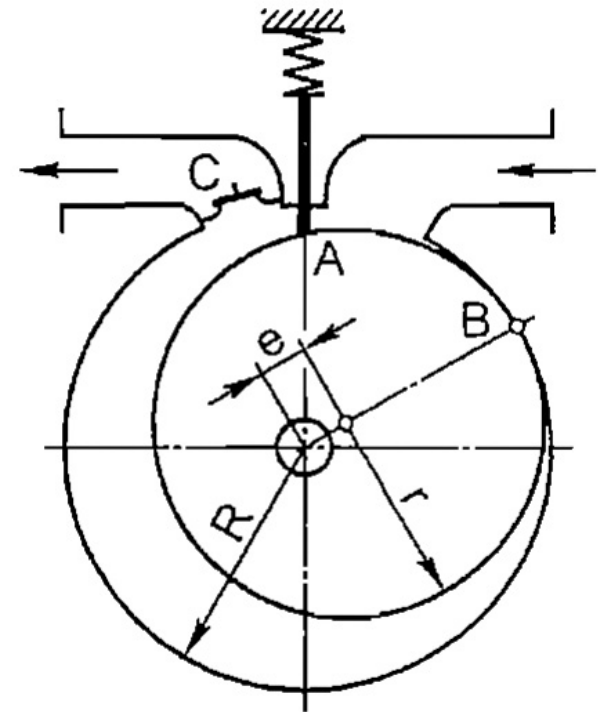
▶ Princip rada

- Okretanjem rotora centrifugalna sila priljubljuje lamele a i b na vanjski obod rotora
- Okretanjem rotora prvo se povećava, a zatim smanjuje zapremina usisanog gasa prema izlazu (između dvije lamele a i b)

Rotacioni kompresori

► Kompresori sa ekscentričnim rotorom

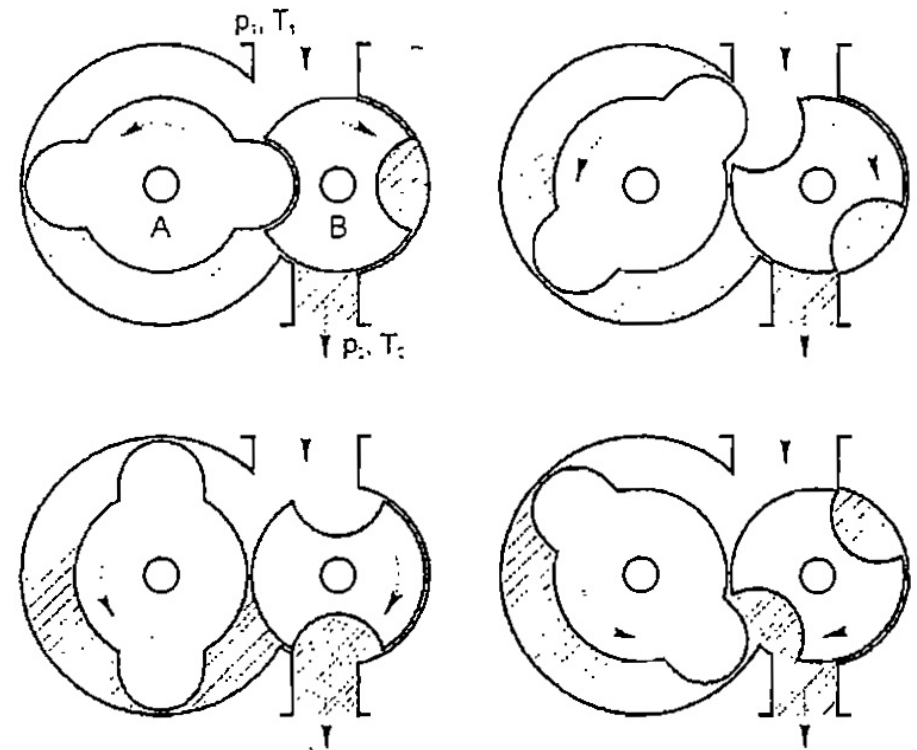
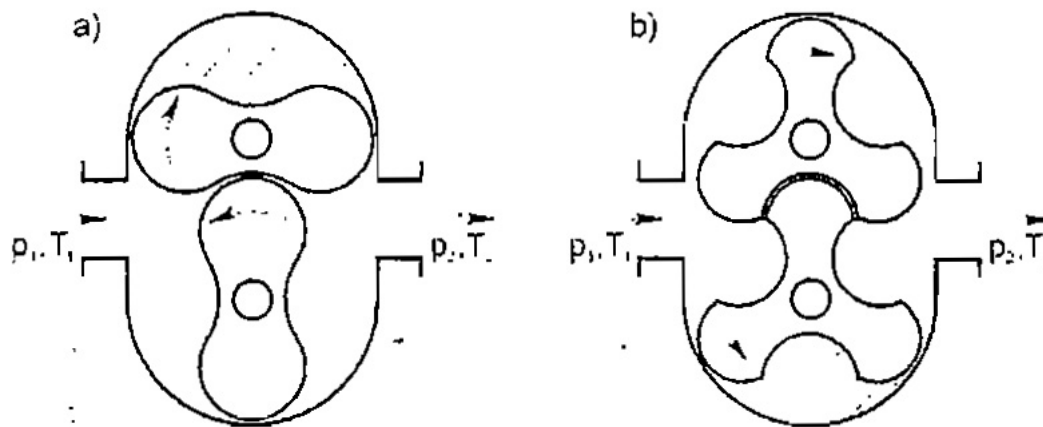
- Kućište tj. cilindar
- Ekscentrično postavljen rotor (van ose presjeka statora)
- Jedna klizna lamela
- Slično kao kod lamelnih, s tim što je rotor postavljen ekscentrično u odnosu na osu presjeka statora
- Princip rada
 - Klizna lamela je stalno u dodiru sa rotorom u tački A
 - Zakretanjem rotora tačka B se kreće po obodu statora, prvo se povećava, a zatim smanjuje zapremina usisanog gasa prema izlazu



Rotacioni kompresori

► Kompresori sa profilisanim rotorima

- Kompresori jednakih profila rotora
- Kompresori različitih profila rotora



- Okretanjem rotora postepeno se smanjuje zapremina usisanog gasa prema izlazu

Rotacioni kompresori

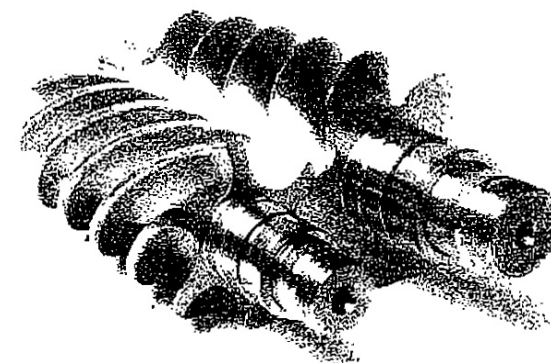
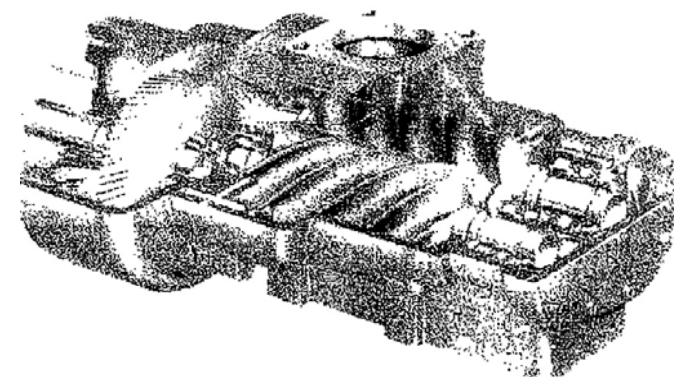
▶ Vijčani kompresori

▶ Prednosti

- ▶ Jednostavna konstrukcija i vrlo pouzdani
- ▶ Širok dijapazon radnih pritisaka i kapaciteta
- ▶ Visok stepen iskorištenja
- ▶ Jednostavno statičko i dinamičko uravnoteženje
- ▶ Nemaju usisne i potisne ventile
- ▶ Niski troškovi eksploatacije i dug vijek trajanja
- ▶ Kontinuirana isporuka gasa bez pulsacija
- ▶ U visokom procentu zastupljeni na tržištu i u primjeni

▶ Nedostaci

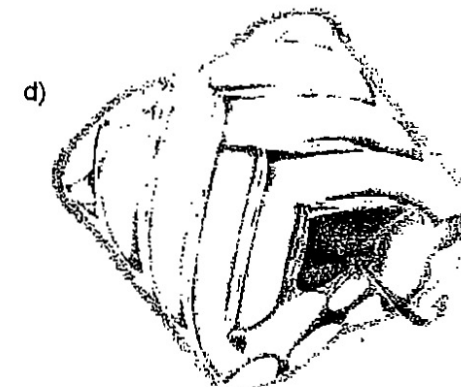
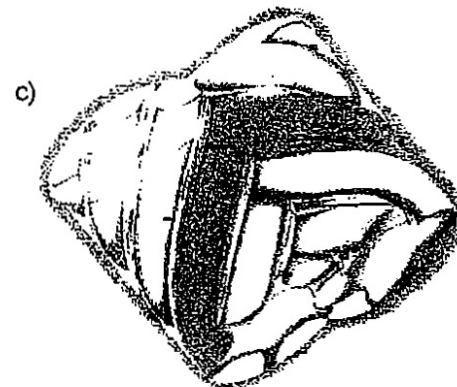
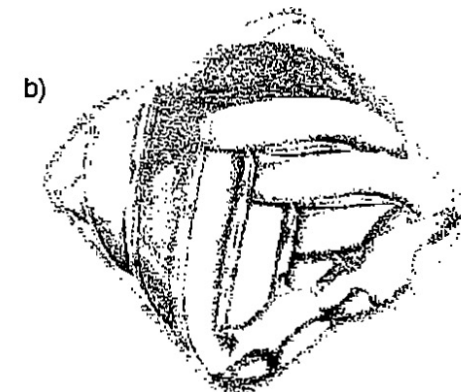
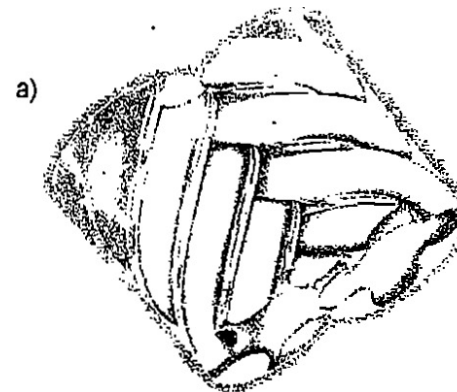
- ▶ Izrada vijčanih vretena vrlo skupa, visoki zahtjevi tačnosti i kvaliteta
- ▶ Ograničen i konstantan stepen kompresije



Rotacioni kompresori

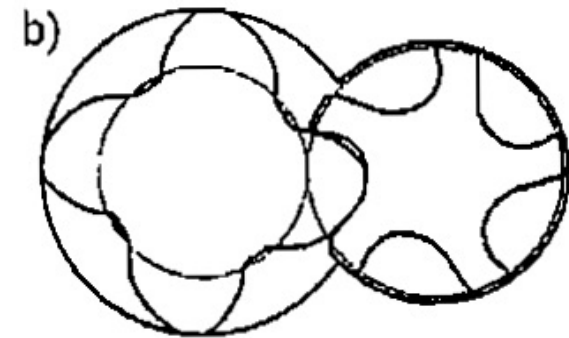
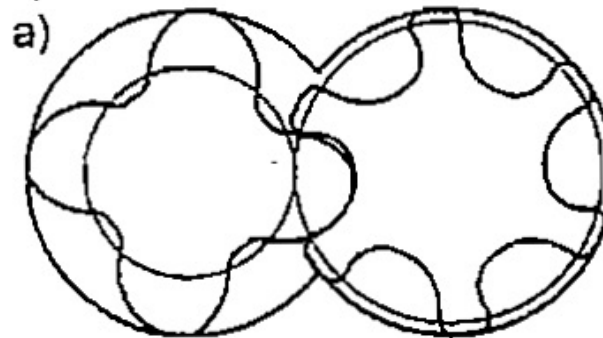
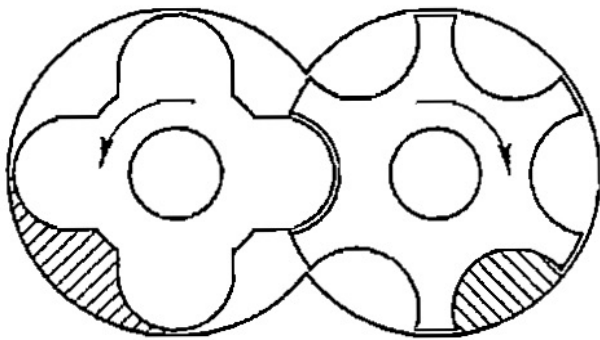
► Princip rada vijčanih kompresora

- Vijčana vretena i kućište obrazuju šupljine u koje se usljed podpritiska usisava gas
- Napunjene šupljine nose gas prema izlazu, pri čemu raste pritisak u aksijalnom pravcu duž kompresora
- Na izlazu se gas istiskuje



Rotacioni kompresori

- ▶ Rotori vijčanih kompresora
 - ▶ Sa simetričnim profilima vretena
 - ▶ Sa asimetričnim profilima vretena



Primjer



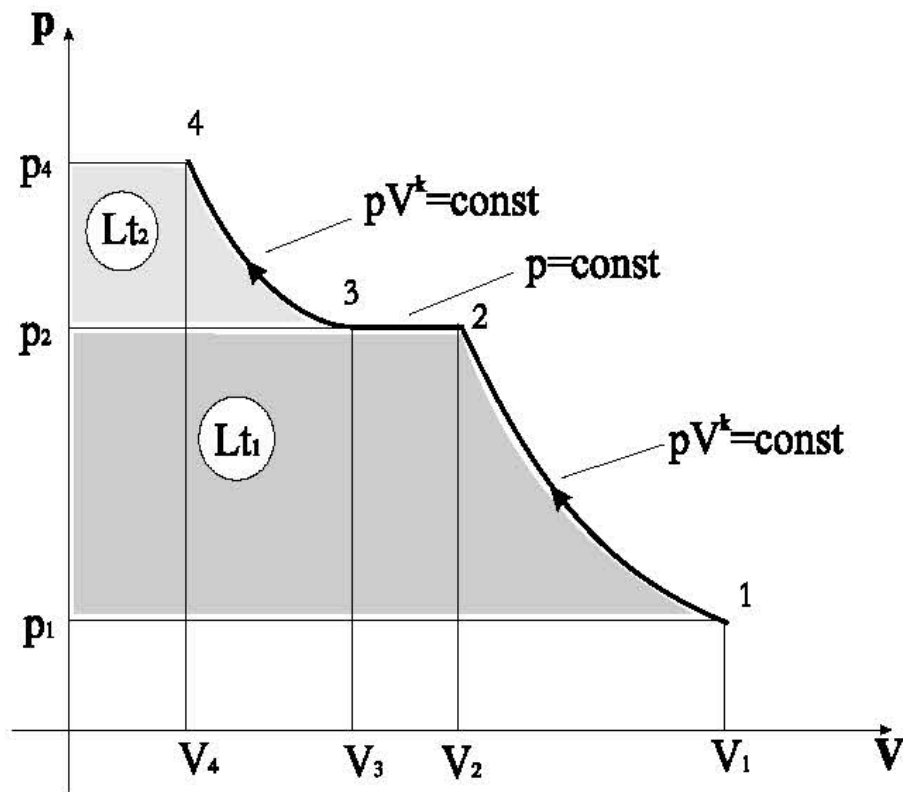
Jedan m^3 komprimira se adijabatski u dvostepenom kompresoru sa međustepenim hladnjakom. Potrebno je:

- a) Skicirati p - V dijagram rada kompresora
- b) Izračunati ukupan tehnički rad kompresije
- c) Izračunati odvedenu toplotu u međustepenom hladnjaku.

Zadani su podaci: $p_1=1$ bar, $T_1=300$ K, $p_2=p_3=6$ bar, $T_3=T_1$, $\rho_1=1,29$ kg/m^3 , $c_p=1$ $\text{kJ}/(\text{kg K})$.

Primjer

a) p - V dijagram rada kompresora



Primjer



b) Tehnički rad kompresije

$$V_2 = V_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{1/\kappa} = 1 \cdot \left(\frac{1}{6} \right)^{1/1,4} = 0,278 \text{ m}^3$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} \right) = 300 \cdot \frac{6 \cdot 0,278}{1 \cdot 1} = 500 \text{ K}$$

$$L_1 = \frac{\kappa}{\kappa - 1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{1,4}{1,4 - 1} \cdot (10^5 \cdot 1 - 6 \cdot 10^5 \cdot 0,278) = -233800 \text{ J} = -233,8 \text{ kJ}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_3} \Rightarrow V_3 = \frac{p_1 V_1 T_3}{p_3 T_1} = \frac{p_1 V_1}{p_3} = \frac{1 \cdot 0,278}{6} = 0,0463 \text{ m}^3$$

$$V_4 = V_3 \left(\frac{p_3}{p_4} \right)^{1/\kappa} = 0,0463 \cdot \left(\frac{6}{12} \right)^{1/1,4} = 0,02822 \text{ m}^3$$

$$L_2 = \frac{\kappa}{\kappa - 1} (p_3 V_3 - p_4 V_4) = \frac{1,4}{1,4 - 1} \cdot (6 \cdot 10^5 \cdot 0,0463 - 12 \cdot 10^5 \cdot 0,02822) = \dots = -21,3 \text{ kJ}$$

$$L_k = L_1 + L_2 = -233,8 - 21,3 = -256,1 \text{ kJ}$$

Primjer



c) Odvedena toplota u hladnjaku

$$m = \rho_1 V_1 = 1,29 \cdot 1 = 1,29 \text{ kg}$$

$$Q = mc_p (T_3 - T_2) = 1,29 \cdot 1 \cdot (300 - 500) = -285 \text{ kJ}$$