

### 3. EJEKTORSKI GREJAČI

#### *Ejektorski parni grejač i (para – tečnost) Ejektorski hidro grejači (tečnost – tečnost)*

Ejektorski grejači se upotrebljavaju za brzo i efikasno grejanje, uz 100% iskorišćenja uložene toplotne energije. Ejektorski grejači za pogon koriste energiju ulaznih fluida. Fluid sa većim ulaznim pritiskom naziva se pogonski fluid, a fluid sa manjim ulaznom pritiskom naziva se usisavani fluid.

**Princip rada:** Pogonski fluid pri prolasku kroz mlaznicu ejektora najveći deo svoje pritisne energije preobražava u kinetičku (brzinsku energiju), tako da u usisnu komoru ejektora ulazi sa velikom brzinom, (kod vodene pare i sa nadzvučnom brzinom). U usisnoj komori pridošle čestice pogonskog fluida sudaraju se sa prisutnim česticama usisavane tečnosti, mešaju se sa njima predajući im deo svoje kinetičke i toplotne energije (pri čemu dolazi do potpune kondenzacije pogonske pare, ako je pogonski fluid u parnoj fazi) formirajući pri tome zajednički strujni tok, sa smerom strujanja prema difuzoru. Na upražnjeno mesto odvučenih čestica usisavane tečnosti, dolaze njihove susedne čestice iz usisnog cevovoda, formirajući pri tome strujni tok koji iz usisnog cevovoda struji prema usisnoj komori ejektora.

Pri prolazu strujnog toka kroz difuzor, usled proširenja strujnog prostora, protok se usporava, brzina opada, a pritisak raste i dostiže zadatu (željenu) vrednost potrebnu za dalje potiskivanje kroz potisni cevovod.

**Prednosti:** U odnosu na klasične grejače (izmenjivače toplote, duplikatore i dr) imaju sledeće prednosti: - iskorišćenje toplote je 100%; jednostavne su konstrukcije; malih su masa i malih gabarita; nemaju pokretne delove, pa ne zahtevaju podmazivanje i održavanje; na zidovima ejektora ne hvata se kamenac; imaju stabilan miran i bezšuman rad; lako i brzo se montiraju u svim položajima; jeftini su i imaju dug vek trajanja.

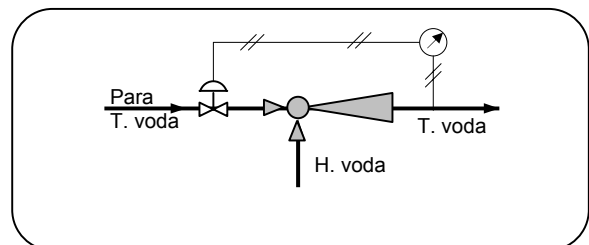
Ovakvim načinom zagrevanja omogućuje se trenutno postizanje zadate temperature vode na izlazu iz ejektora, čime se omogućava brzo startovanje grejne instalacije.

**Posebnu prednost imaju u procesima u kojima se zahteva brz prelazak sa grejanja na hlađenje i obratno, jer omogućavaju brzu izmenu grejne i rashladne tečnosti.**

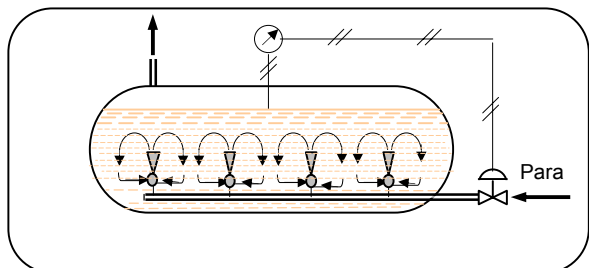
#### 3.1 Ejektorski parni grejači (para – tečnost)

Kod ovih grejača kao pogonski fluid koristi se vodena para, koja svu svoju toplotnu i mehaničku energiju predaje usisanoj tečnosti. Upotrebljavaju se za protoke od nekoliko l/h do više stotina m<sup>3</sup>/h, za niske i visoke izlazne pritiske, za proizvodnju tople vode t < 100°C i vrele vode t > 100°C. Za određene uslove rada pritisak tečnog strujnog toka, na izlazu iz ejektora, može imati pritisak veći od pogonskog pritiska pare p<sub>1</sub>, kako

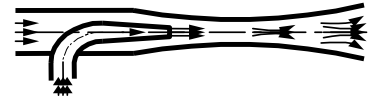
se to vidi na Dijagramu 3.1 (Dijagram 3.1 važi za temperaturu hladne vode na ulazu u ejektor t<sub>2</sub> = 15°C i pritisak hladne vode na ulazu u ejektor p<sub>2</sub> = 1,1 bar aps.



SI.3.1 Grejanje vode u liniji



SI.3.2 Grejanje vode u rezervoaru

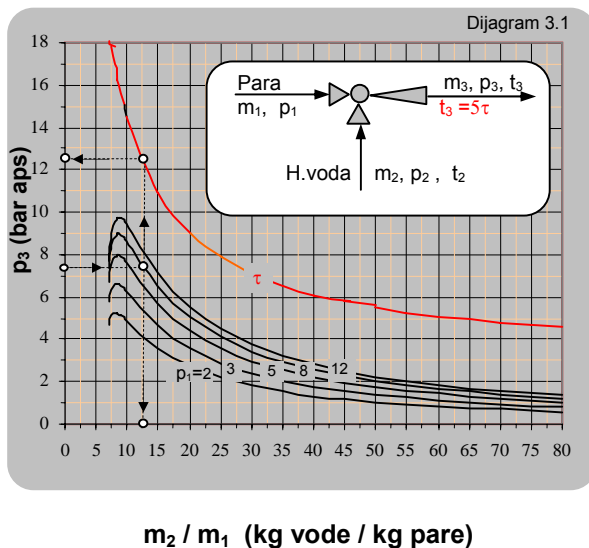


**Upotreba:** Upotrebljavaju se za zagrevanje tečnosti u cevnoj liniji (Sl.3.1), za direktno uvođenje pare u sudove sa tečnošću (Sl.3.2 i Sl.3.3), za pripremu tople vode umesto klasičnih izmenjivača toplote (Sl.3.4), za: sterilizaciju, pasterizaciju, kuvanje, beljene, grejanje pprosto-rija i sudova, u hemijskoj, farmaceutskoj i naftnoj industriji, u preradi šećera i dr.

**Primer 3.1**

Pogonski pritisak zasićene vodene pare ispred ejektora je  $p_1 = 8$  bar aps, pritisak na izlazu iz ejektora iznosi  $p_3 = 7,5$  bar aps, ejektor je uronjen u usisavanu vodu na dubinu  $h = 1$  m, pa je pritisak usisavane vode na ulazu u ejektor  $p_2 = 1,1$  bar aps, temperatura usisavane vode na ulazu u ejektor iznosi  $t_2 = 15^\circ\text{C}$ .

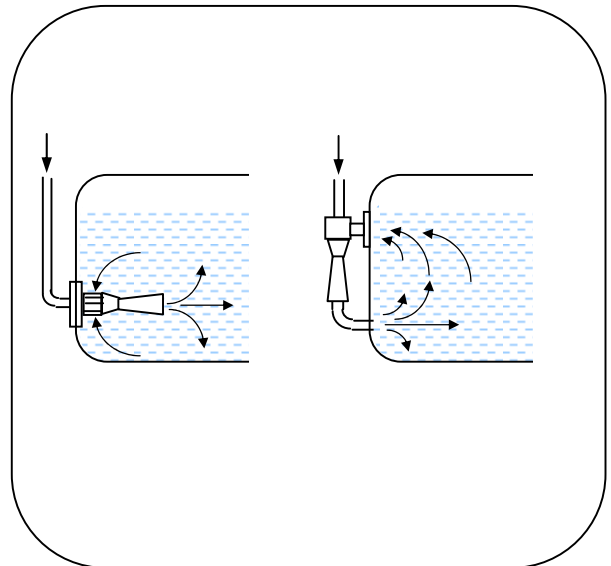
Koliko kilograma vode može da se usisa sa 1kg pare, i koju će temperaturu topla voda imati na izlazu iz ejektora ?



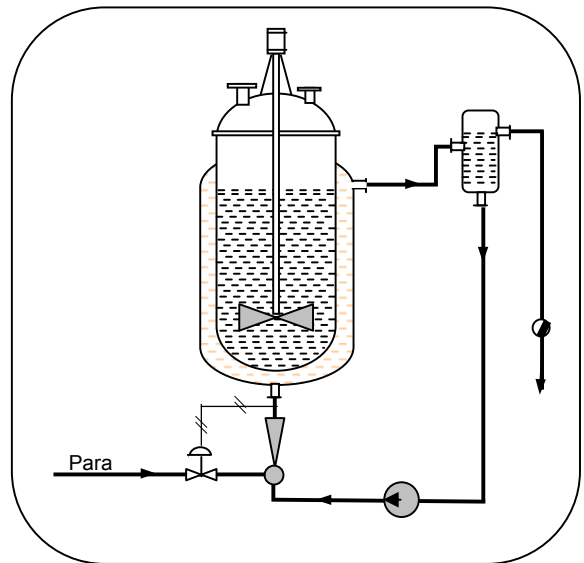
$m_2 / m_1$  (kg vode / kg pare)

Sa dijagrama 3.1 očitava se da se sa  $m_1 = 1$  kg pogonske pare može usisati  $m_2 = 12,5$  kg vode.

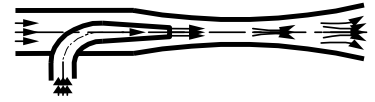
Temperatura zagrejane vode na izlazu iz ejektora iznosi  $t_3 = 5 \times \tau = 5 \times 12,2 = 61^\circ\text{C}$ .



Sl.3.3 Grejanje tečnosti parom ili t. vodom



Sl.3.4 Grejanje autoklava



### 3.2 Ejektorski hidro-grejači (tečnost-tečnost ili tečnost-para)

Kod ovih grejača pogonski fluid je tečnost, a usisavani fluid može biti tečnost ili para. Ako se sa tečnošću usisava tečnost za pogon se koristi tečnost koji ima veći pritisak.

Princip rada je isti kao kod svih ejektora. Usled različitih brzina strujanja, u usisnoj komori ejektora, dolazi do razbijanja obe tečnosti u najsitnije čestice. Ovako razbijene čestice imaju veliku aktivnu površinu dodira, koja im omogućava vrlo brzu, međusobnu, razmenu toplotne i mehaničke energije. Izmešana i ujednačeno zagrejana topla voda napušta ejektor sa odgovarajućim pritiskom potrebnim za savlađivanje otpora u potisnom cevovodu.

Ako se kao usisavani fluid koristi para (najčešće otpala istrošena para niskog pritiska ili para iz kondezata) mlaz pogonske tečnosti, pri ulazu u usisnu komoru ejektora, zahvata paru meša se sa njom povlačeći je sa sobom i pri tome istovremeno i kondenzuje.

Kondezacijom usisane pare oslobađa se toplota koju preuzima pogonska voda i pri tome se zagreva. Radi efikasnijeg usisavanja veće količine pare tečni mlaz se može provoditi kroz više mlaznica postavljenih na red.

Na Dijagramu 3.2, koji važi za ejektore kod kojih je i pogonski i usisavani fluid tečnost, data je zavisnost odnosa pritisaka od odnosa masenih protoka usisavane i pogonske tečnosti i za gustine tečnosti  $\rho_1 \approx \rho_2$ .

#### Primer 3.2

Pogonska voda ima pritisak  $p_1 = 6$  bar aps i temperaturu  $t_1 = 90^\circ\text{C}$ , usisavana voda ima pritisak na ulazu u ejektor  $p_2 = 1$  bar aps (ejektor leži na nivou usisavane vode) i temperaturu  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ . Na izlazu iz ejektora potreban je protok od 10 t/h, temperature  $50^\circ\text{C}$ .

Koliki je protok pogonske vode  $m_1$  i usisavane vode  $m_2$ , i koliki je pritisak zagrejavane vode na izlazu iz ejektora  $p_3$ ?

#### Rešenje

$$t_3 = (t_1 m_1 + t_2 m_2) / (m_1 + m_2);$$

$$\mu = m_2 / m_1 = (t_1 - t_3) / (t_3 - t_2) = (90 - 50) / (50 - 20) = 1,33.$$

Za odnos protočnih masa  $m_2/m_1 = 1,33$  sa dijagrama se očitava odnos pritisaka  $(p_3 - p_2) / (p_1 - p_2) = 0,16$ .

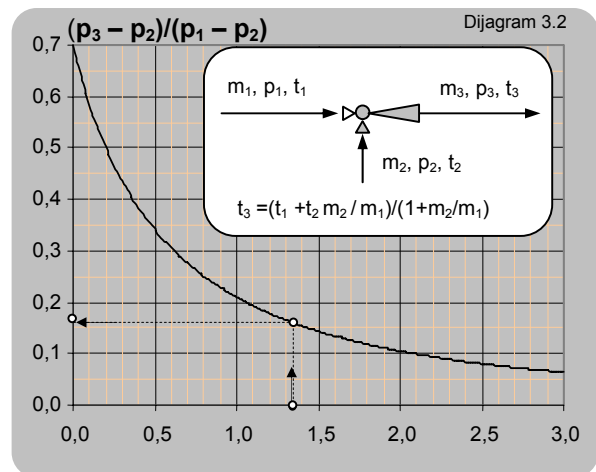
Odatve sledi

$$p_3 = 0,16 (p_1 - p_2) + p_2 = 0,16 (6 - 1) + 1 = 1,8 \text{ bar aps.}$$

$$m_3 = m_1 + m_2 = m_1 (1 + \mu) = 10$$

$$m_1 = m_3 / (1 + \mu) = 10 / (1 + 1,33) = 4,3 \text{ t/h,}$$

$$m_2 = \mu m_1 = 1,33 \times 4,3 = 5,7 \text{ t/h.}$$



$\mu = m_2 / m_1$  (kg usisane/kg pogonske tečnosti)