

12. EJEKTORSKI APSORBERI

Ejektori nalaze široku primenu u procesima mešanja tečnosti i gasova, u oblasti hemijskih tehnologija i mnogim drugim granama tehnike.

Sva ejektorska mešanja gasova i tečnosti mogu da se podele u dve grupe.

U prvu grupu:- spadaju ejektori od kojih se zahteva usisavanje što veće količine gasa po jedinici protoka tečnosti, pri čemu je rastvaranje gasa u tečnosti nebitno.

Ovakvi procesi se upotrebljavaju u ozonatorskim, hloratorskim i drugim uređajima, zatim za kompresiju gasova pomoću tečnosti (vidi Ejektorske hidro kompresore) i u ventilaciji (vidi Ejektorske hidro ventilatore).

U drugu grupu:- spadaju ejektori od kojih se zahteva rastvaranje gasova i potpuno zasićenje rastvora. Ovakvi procesi se zahtevaju u flotaciji, aeraciji, zatim pri čišćenju tečnosti od naftinih proizvoda i drugim procesima

Rastvorljivost gasova u tečnostima određuje se zakonom Hnrija koji glasi

$$m = k p Q.$$

gde su

- m – masa rastvorenog gasa
- k – konstanta rastvorljivosti, koja zavisi od vrste gasa i od temperature i vrste tečnosti,
- p – pritisak
- Q – zapremina tečnosti.

Iz formule se vidi da količina gasa koja se može rastvoriti u tečnost je u linearnoj zavisnosti od koeficijenta k, pritiska p i količine tečnosti Q, što znači da u određenoj zapremini tečnosti količina rastvorenog gasa može da se poveća, snižavanjem temperature ili povećanjem pritiska tečnosti i obratno.

Brzina rastvaranja (prenosa mase) zavisi od mehanizma prenosa materije između tečnosti i gasova. U nepokretnoj sredini mehanizam prenosa mase je spor i obavlja se molekularnom difuzijom. U pokretnoj sredini u strujnom protoku prenos mase se intenzivira, a u turbulentnoj struji **zbog uticaja pulzacije nastaje turbulentna difuzija**. Uslovi rada u kojima se postiže brzo turbulentno strujanje ostvaruju se u ejektorima, pa iz tih razloga ejektori

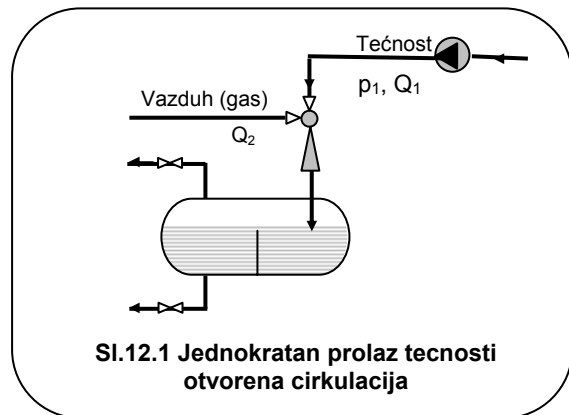
predstavljaju najpovoljnije uređaje za rastvaranje gasova u tečnostima.

Rastvorljivost vazduha u vodi obično ne prelazi nekoliko zapreminskih procenata. Pa se zapreminski koeficijent usisavanja kreće u granicama

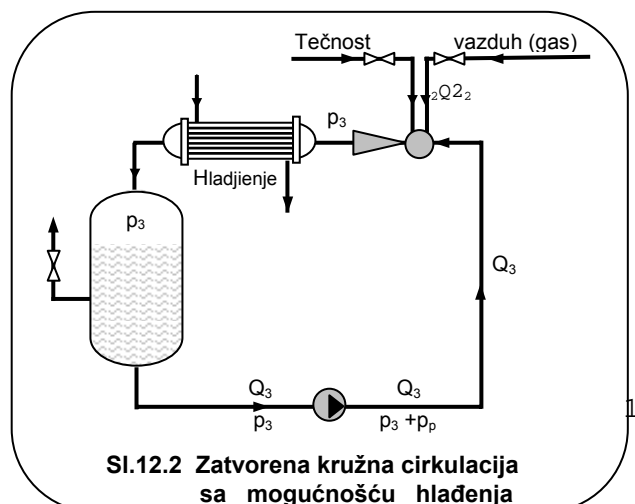
$$q = Q_2 / Q_1 = 0,1 - 0,15$$

- Q_2 - zapreminski protok usisavanog gasa,
- Q_1 - zapreminski protok pogonske tečnosti.

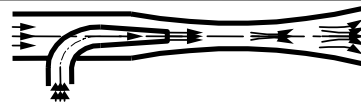
Princip rada ejektorskog uređaja:- Tečnost pod pritiskom p, prolaskom kroz mlaznicu ejektora, vrši transformaciju pritisne energije u kinetičku (brzinsku) energiju. Tečnost, koja sa velikom brzinom ulazi u komoru ejektora, hvata i povlači sa sobom, u komori prisutan gas, formirajući pri tome potpuno finu homogenu mešavinu. Usled različitih brzina strujanja, između tečnosti i usisanog gasa, dolazi do razbijanja oba fluida u najsitnije čestice. Ovako razbijeni i usitnjeni fluidi imaju veliku aktivnu površinu dodira, koja im omogućuje, vrlo brzu međusobnu izmenu energija (mehaničke, hemijske i toplotne i vrlo brzu apsorpciju usisanih gasova).



SI.12.1 Jednokratni prolaz tečnosti otvorena cirkulacija



SI.12.2 Zatvorena kružna cirkulacija sa mogućnošću hlađenja



Na putu strujnog toka kroz ejektor, u burnoj turbulentnoj struji dolazi do relativno brzog rastvaranja gasova i zasićenja rastvora. Mešavina fluida (tečnost sa rastvorenim gasom i nerastvoren gas) odolazi u rezervor u kojem se vrši izdvajanje nerastvorenog gasa.

Najjednostavniji uređaj za rastvaranje gasova prikazan je na Sl.12.1. Rastvaranje gasa u tečnostima vrši se u jednom prolazu.

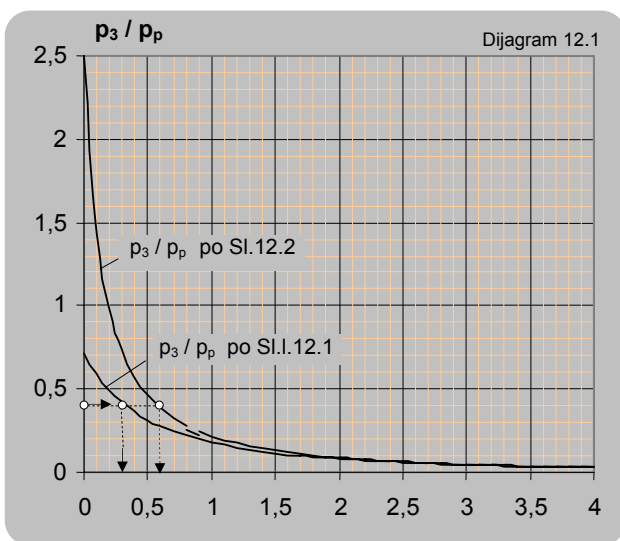
Na Sl.12.2 i Sl.12.3 prikazani su uređaji sa zatvorenom kružnom cirkulacijom u kojima se, sa istom pumpom, postižu viši pritisci p_3 pri kojima se vrši rastvaranje gasova (vidi dijagram 12.1 i 12.2).

Na Sl.12.2 rastvaranje gasa obavlja se pod pritiskom p_3 , koji je viši od pritiska p_3 na Sl.11.1, jer pogonska tečnost ulazi u ejektor sa pritiskom p_3+p_p , pa je i pritisak na izlazu iz ejektora p_3 , za iste uslove rada viši (vidi dijagram 12.1 i 12.2). Rastvorljivost gasa može se povećati hlađenjem mešavine gas-tečnost, po izlasku iz ejektora.

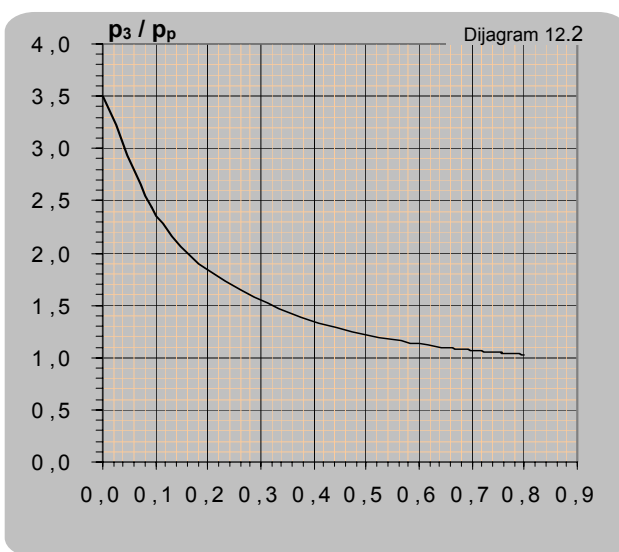
Uređaji izvedeni prema Sl.12.2 i Sl.12.3 omogućuju bitno poboljšanje stepena iskorišćenja u odnosu na pumpe i ejektore sa jednokratnim prolazom (Sl.12.1) Povećanje stepena iskorišćenja proporcionalno povećava količinu rastvorenog gasa. Količina rastvorenog gasa prema Sl.12.2 i Sl.12.3 može biti više puta veća od količine rastvorenog gasa prema Sl.12.1. Proces može da se obavlja šaržno i kontinuirano. U kontinuiranom procesu tečnost i gas uvode istovremeno kako je to na Sl.12.2 i Sl.12.3 prikazano.

Na Dijagramima 12.1 data je zavisnost odnosa pritisaka p_3 / p_p od odnosa zapreminskih protoka usisanog vazduha i protoka pumpe Q_2 / Q_p . Dijagrami važe za usisavanje vazduha iz atmosfere, a pritisci p_3 i p_p dati su u bar.

Na Dijagramu 12.2 data je orjetaciona kriva zavisnosti odnosa pritisaka od odnosa protoka. Obzirom da je usisana količina vazduha mala zanemarena je, pa Q_2 predstavlja samo protok tečnosti.



Q_2 / Q_3 (m^3 vazduha / m^3 protoka pumpe za Sl.12.1 i Sl.12.2)



Q_2 / Q_3 (m^3 vazduha / m^3 protoka pumpe za Sl.12.3)

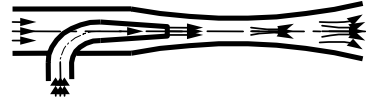
Na Sl.12.3 prikazan je uređaj u kojem se gas rastvara u potisnom cevovodu ejektora i rezervoaru 1 pod pritiskom p_3 , a potom nakon prolaska kroz pumpu rastvaranje se obavlja u potisnom cevovodu pumpe i u rezervoaru 2 pod pritiskom $p_3 + p_p$.

Kako je količina gasa, koji se ejektorom usisava i rastvara ($q_0 = Q_2/Q_1 \approx 0,1-0,15$) mala, može se u prvom približavanju smatrati da u cirkulaciji struji samo jednofazn fluid tj. tečnost.

Maksimalni odnos manometarskih pritisaka p_3/p_p (bar/ bar) koji se može postići pri protoku $Q_2=0$ iznosi:

- za povezivanje prema šemi Sl.12.1 $p_3/p_p = 0,7$
- za povezivanje prema šemi Sl.12.2 $p_3/p_p = 2,5$
- za povezivanje prema šemi Sl.12.3 $p_3/p_p = 3,5$

U praktično interesantnom i najčešćem dijapazonu primene koeficijent usisavanja $q = 0,1-0,15$ dovoljan je za obezbeđenje voduha (gasa) za potpuno zasićenje tečnosti.

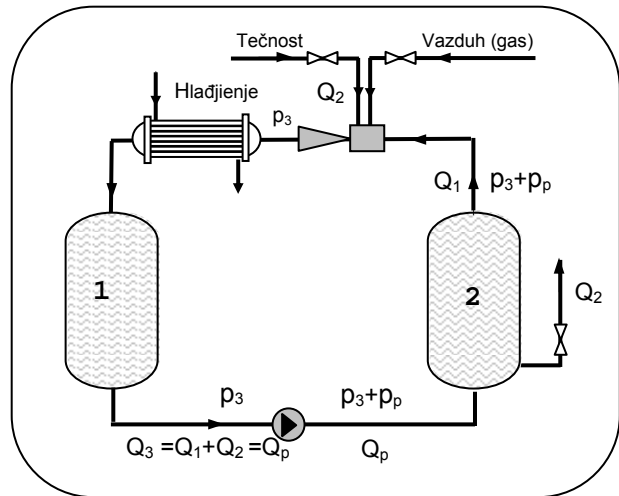

Primer 12.1

Koliko se, prema šemi na Sl.12..1 i Sl.12..2 može usisati atmosferskog vazduha ($p_{vaz} = 1 \text{ bar aps}$) sa pumpom $p_p = 5 \text{ bar}$ i protoka $Q_p = 10 \text{ m}^3/\text{h}$ i ubaciti u rezervoar u kojem vlada pritisak $p_3 = 2 \text{ bar}$?

Rešenje

Za odnos pritisaka $p_3 / p_p = 2/5 = 0,4$ iz dijagrama 12.1 očitava se:

- za instalaciju prema Sl.12.1 $Q_2 / Q_p = 0,3$, i $Q_2 = 0,3 Q_p = 0,3 \times 10 = 3 \text{ m}^3 \text{ vazduha} / \text{m}^3 \text{ vode}$,
- za instalaciju prema Sl.12.2 $Q_2 / Q_p = 0,6$, i $Q_2 = 0,6 Q_p = 0,6 \times 10 = 6 \text{ m}^3 \text{ vazduha} / \text{m}^3 \text{ vode}$.



Sl.12.3 Zatvorena kružna cirkulacija sa mogućnošću hlađenja