

UPARAVANJE

- ili ugušćivanje je tehnološka operacija kojom se grijanjem tekuće smjese do temperature ključanja dio otapala prevodi u parovito stanje da bi se povećao maseni udio krute tvari u smjesi

- uređaji se nazivaju **uparivači ili isparivači**

- SUPARA je para koja nastaje uparavanjem tekuće smjese

- smjesa se uparava pri atmosferskom tlaku i pri tlaku većem ili manjem od atmosferskog

- otvoreni isparivači (pri atmosferskom tlaku)

- zatvoreni isparivači (kod tlaka različitog od atmosferskog)

- Toplina koja se troši na uparavanje smjese može se koristiti jednostruko i višestruko

- Postrojenje u kome se smjesa uparava jednostrukim korištenjem pare zove se **jednostepena isparna stanica**, a uparavanje **jednostepeno uparavanje**. Supara se pri tome ne koristi! Supara se ispušta u atmosferu!

- Postrojenje u kojem se suparom iz prethodnog isparivača uparava smjesa sljedećeg naziva se **višestepena isparna stanica tj. višestepeno uparavanje**.

- Toplina supare može se višestruko koristiti **termokompresijom** ili se **supara** iz ISPARNE STANICE često koristi za grijanje drugih postrojenja i ona se naziva **oduzeta para (ekstra para)**.

- kod jednostepenog uparivanja isparivač se grije suhozasićenom parom preko parnog plašta ili grijalice s cijevnim registrom

- U ovisnosti o načinu razvođenja početne smjese uparavanje se može provoditi u isparnim stanicama s

- > istosmjernim,
- > protusmjernim i
- > paralelnim spojem.

JEDNOSTEPENO UPARAVANJE

- mala se količina smjese, koja nije osjetljiva na povišene temperature, uparava pri atmosferskom tlaku, a supara se pušta u atmosferu

- isparivač se grije suhozasićenom vodenom parom preko parnog plašta ili grijalice s cijevnim registrom

- sustav koji se uparava, **izražava se u kg_t (tvari) s.t. u jednom kg_s (smjese) i u kg_v (otapala) na jedan kg_t s.t.**

$$a) \bar{x} = \frac{1}{1 + \bar{x}} \left[\frac{kg_t}{kg_s} \right]$$

$$b) \bar{x} = \frac{1 - \bar{x}}{\bar{x}} \left[\frac{kg_t}{kg_s} \right]$$

Bilansa krute tvari:

$$m_s \bar{x}_s = (m_s - m_v) \bar{x}_v \left[\frac{kg_t}{S} \right]$$

m_s - količina smjese koja se uparava u jedinici vremena

\bar{x}_s - maseni udio krute tvari u polaznoj smjesi

$(m_s - m_v)$ - količina vode koja ispari u jedinici vremena

\bar{x}_v - maseni udio krute tvari u konačnoj smjesi

Količina vode koju treba ukloniti iz smjese:

$$m_v = m_s \left(1 - \frac{\bar{x}_s}{\bar{x}_v} \right) \left[\frac{kg_t}{S} \right]$$

Jednadžba toplinske bilanse ima oblik:

$$Q = m_v \cdot i_v + m_s \cdot c_s \cdot (t_s - t_w) = m_v \cdot i_v + (m_s \cdot c_s - m_v \cdot c_v) \cdot t_w + m_v \cdot c_v \cdot t_s + Q_g + Q_k \quad [W]$$

Utrošak ogrijevne pare:

$$m_p = \frac{m_v \cdot (i_v - c_v \cdot t_w) + m_s \cdot c_s \cdot (t_w - t_s) + Q_g + Q_k}{i_p - c_v \cdot t_s} \left[\frac{kg_p}{S} \right]$$

c_s, c_v, c_p [J / kg · °C] - specifične topline polazne smjese, kondenzata i kondenzata iz supare

t_s, t_w, t_p, t_k [°C] = početna i konačna temperatura smjese, temperatura ogrijevne pare i kondenzata

$m, \dot{m} \text{ [kg/s]}$ = maseni protok ogrijevne pare i supare

$i_p, i_k \text{ [J/kg]}$ = entalpija ogrijevne pare i supare

$Q_g, Q_k \text{ [W]}$ = gubici topline u okolini i toplina koncentraciji smjese

Za uparavanje 1 kg_v vode pri atmosferskom tlaku u JIS potrebno je približno 1,1 kg ogrijevne pare

Količina topline koja prolazi kroz ogrijevnu površinu isparivača određuje se iz jednadžbe:

$$Q = (t_p - c_k \cdot t_k) \cdot \dot{m}_p \text{ [W]}$$

Supara koja se izdvaja iz smjese je **pregrijana**, a ne **suhozasasičena para**.

Temperatura supare je jednaka temperaturi ključanja smjese.

Uparavanje u JIS-u se obično provodi pod vakuumom da bi se smanjila temperatura ključanja smjese.

-kod JIS-a supara se uvodi u barometarski ili površinski kondenzator gdje se održava tlak, koji odgovara odabranoj temperaturi kondenzacije, dok se zrak i drugi plinovi, koji se kondenziraju udaljuju iz hvatača kapljica pomoću vakuum pumpe

-pri uparavanju u vakuum se za grijanje može iskoristiti ogrijevna para **niskog tlaka**.

-kod vakuum uparavanja možemo ugustiti smjesu koja ima visoku temperaturu ključanja

-kod atmosferskog tlaka takve smjese mogu izazvati neželjene sporedne procese: oksidaciju, karamelizaciju, ošeećenje, itd.

-uslijed snižene temperature ključanja gubi se i manje topline u okolinu

VIŠESTEPENO UPARAVANJE

- u šećeranima (ugušćivanje rijetkog soka), mljekarama, tvornice voćnih sokova, paradajz soka

- znatno se smanjuje utrošak ogrijevne pare po 1 kg isparene vode

- osnovni princip je u tome da se suparom iz I isparivača (koji se grije svježom parom) uparava smjesa u II isparivaču, u kome uslijed sniženog tlaka smjesa ključanja ima nižu temperaturu nego u I isparivaču

- dalje se iz II isparivača supara koristi za III, iz III za IV isparivač, itd.

- za I isparivač treba 1,1 kg_v za 1 kg_v, a za II 0,5 kg_v / kg_v, za III 0,3 kg_v / kg_v, za IV 0,25 kg_v po kg_v, itd.

- isparivač je zatvorena cilindrična posuda u kojoj se nalazi grijač, suparni prostor i hvatač kapljica

-smjesa se dovodi u isparivač kroz određeni otvor,
-u međuspremni prostor grijalice se uvodi ogrijevna para koja kondenzira i predaje toplinu isparavanja r (J/kg) smjesi koja optiče u cijevima, pri tome smjesa ključa i nastaje **SUPARA NIŽEG TLAKA** od tlaka ogrijevne pare

- kondenzat koji je nastao kondenzacijom ogrijevne pare u grijalici odlazi u kondenzacioni lonac, a odatle u sakupljač kondenzata

- najrašireniji su tro- i četverostepene isparne stanice

- pri **istomjernom** spoju se polazna smjesa i ogrijevna para uvode u I isparivač, pri **protustrujnom** polazna smjesa se uvodi u zadnji isparivač i pumpom prebacuje prema I isparivaču, a kod **paralelnog** spoja se u **SVAKI** isparivač uvodi polazna smjesa i u njemu ugušćuje do konačnog sastava

- u industriji se uglavnom primjenjuju isparivači s istosmjernim spojem, a paralelni kod kristalizacije (industrija šećera)

- protustrujni se rijetko koristi, uglavnom za smjese čiji se viskozitet znatno povećava s porastom masenog udjela suhe tvari u smjesi

Toplinska bilansa I isparivača

$$Q_1 = m_{p1} \cdot (i_{p1} - c_{p1} \cdot t_{p1}) = m_s \cdot (c_{s1} \cdot t_{s1} - c_s \cdot t_s) + m_{o1} \cdot (i_{o1} - c_o \cdot t_{o1}) + Q_{k1} + Q_{g1} \text{ [W]}$$

toplina koju para predaje smjesi
toplina (dogrijavanja) smjese
toplina nastajanja supare

m_{p1} = količina suhozasićene pare [kg/s]

i_{p1} = entalpija suhozasićene pare [Jkg⁻¹]

t_{p1} = temperatura suhozasićene pare [°C]

m_{o1}, m_{o2}, m_{o3} = količina supare u I, II, III isparivaču [kg/s]

Bilansa topline II isparivača:

$$Q_2 = (m_{s1} - m_{o1}) \cdot (i_{v1} - c_{k2} \cdot t_{k2}) = (m_s - m_{o1}) \cdot (c_{s2} \cdot t_{s2} - c_{s1} \cdot t_{s1}) + m_{o2} \cdot (i_{o2} - c_o \cdot t_{o2}) + Q_{k2} + Q_{g2} \text{ [W]}$$

toplina koju supara predaje smjesi u II isparivaču
toplina (dogrijavanja) smjese
toplina nastajanja smjese

Bilansa topline III isparivača:

$$Q_3 = (m_{s2} - m_{o2}) \cdot (i_{v2} - c_{k3} \cdot t_{k3}) - (m_s - m_{o1} - m_{o2}) \cdot (c_{s3} \cdot t_{s3} - c_{s2} \cdot t_{s2}) + m_{o3} \cdot (i_{o3} - c_o \cdot t_{o3}) + Q_{k3} + Q_{g3} \text{ [W]}$$

toplina supare II isparivača koju predaje smjesi III isparivača
toplina (dogrijavanja) smjese
toplina nastajanja supare