

NASVETI

Izganjanje vodnih par iz rotacijskih črpalk

V prejšnjem Vakuumistu smo že razložili izganjanje vodnih par, ki jih črpamo z rotacijskimi črpalkami, ki uporabljajo olje za svoje tesnjenje (in tudi mazanje vrtečih se delov). Kot vemo, se vodne (pa tudi druge) pare, ki jih črpamo iz vakuumskih posod, v črpalki kondenzirajo (utekočinijo), se pomešajo z oljem, ga s tem onesnažijo, mu zmanjšajo njegove mazivne lastnosti, povzročajo korozijo notranjih delov ter poslabšajo črpalčin končni vakuum. Da bi to preprečili, uporabljamo "dodajanje zraka" ("gas ballast"), ki ga uvajamo skozi poseben, nastavljeni ventil v kompresijski prostor črpalke. Ugotovili smo, da moramo pri hladni črpalki (npr. ob zagonu) obvezno odpreti ventil za dodajanje zraka, dotok dodatnega (balastnega) zraka pa mora biti tem večji, čim večja je obremenitev črpalke s parami.

Zelo pomembna delovna omejitev za te vrste črpalk je **dovoljeni tlak vodne pare** na vhodu črpalke (MAX. TOREABLE VAPOUR INLET PRESSURE).

ZGLED 1: Določiti je treba **dovoljeni tlak vodne pare na vhodu črpalke**, $p_{v \max}$, ki ima vgrajen ventil za dovajanje zraka in ki deluje pri črpalni hitrosti $S_p = 6$ l/s (=21,6 m³/h), če je pretok "balastnega" zraka npr. $Q_b = 400$ mbar l s⁻¹, tlak na izpušni strani črpalke $p_{iz} = 1200$ mbar, temperature črpalkega olja pa so: 333 K (60°C), 343 K (70°C) ali 353 (80°C). Nasičeni parni tlak vode (p_s) je pri teh temperaturah (glej sliko 3 v prejšnjem Vakuumistu): $p_{s,60^\circ C} = 199$ mbar, $p_{s,70^\circ C} = 320$ mbar in $p_{s,80^\circ C} = 480$ mbar.

Za izračun uporabimo enačbo:

$$Q_b \geq S_p \cdot p_v \left(\frac{p_{iz}}{p_s} - 1 \right) \quad p_v \leq \frac{Q_b}{S_p} \cdot \frac{1}{\left(\frac{p_{iz}}{p_s} - 1 \right)}$$

$$p_v \leq \frac{400}{6} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1200}{199} - 1 \right)} = 13,3 \text{ mbar}$$

Pri temperaturah črpalke oz. olja v njej:

- 60°C je $p_{v \max} = 13,3$ mbar
- 70°C je $p_{v \max} = 24,2$ mbar
- 80°C je $p_{v \max} = 44,5$ mbar

Iz tega zgleada sledi: **Čim toplejša je črpalka, tem večji je dovoljeni tlak vodne pare na njenem vhodu.**

V katalogih nekaterih proizvajalcev lahko najdete najbolj pogost podatek za majhne enostopenjske rotacijske črpalke (do 20 m³/h) 70 mbar, za večje (od 30 do 250 m³/h) pa 33 mbar; podatki veljajo za črpalke, ogrete na delovno temperaturo.

Druga važna spremenljivka pa je masa pare, ki jo črpalka izvleče v nekem času pri tem (tj. dovoljenem) tlaku vodne pare, ki se imenuje tudi MASNI PRETOK ČRPALKE, M_v .

Izračunamo ga iz ravnotežnega stanja:

$$p_v \cdot S_p = 10^{-2} \left(\frac{M_v}{M} \right) R_0 T \text{ ali}$$

$$M_v = 100 \cdot S_p \cdot p_v / R_0 T \quad [\text{g} / \text{s}] \text{ oz.}$$

$$M_v = 360 \cdot S_p \cdot p_v / R_0 T \quad [\text{kg} / \text{h}] ,$$

kjer je:

M molekularna masa pare (za vodo je $M=18$)

S_p črpalna hitrost v l/s

p_v parni tlak (vode) na vhodu črpalke v mbar

$R_0 = 8,31 \times 10^3$ JK⁻¹kg mol⁻¹ (univerzalna plinska konstanta)

T temperatura pare na vhodu v črpalke v K (kelvin)

Za vodno paro ($M=18$) pri 293 K (20°C) je pretok pare v kg/h:

$$M_v = 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot S_p \cdot p_v$$

ZGLED 2: Določiti je treba **dovoljeni pretok vodnih par** v kg/h skozi črpalke, ki deluje s črpalno hitrostjo 6 l/s, če je pretok "balastnega" zraka: $Q_b = 400$ mbar l/s, tlak na izpuhu črpalke pa je: $p_{iz} = 1200$ mbar in temperature olja: 333 K (60°C) ali 343 (70°C) ali 353 K (80°C).

Iz prejšnjega zgleada vemo, da je dovoljeni parni tlak vode na vhodu črpalke pri temperaturi olja 333 K (60°C): $p_{v \max} = 13,3$ mbar, pri 343 K (70°C) je 24,2 mbar in pri 353 K (80°C) 44,5 mbar.

Iz enačbe: $M_v = 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot S_p \cdot p_{v \max}$ dobimo:

za temperaturo črpalke oz. njenega olja 60°C dovoljen pretok vodnih par (M_v) 0.213 kg/h, za 70°C 0.387 kg/h in za 80°C 0.713 kg/h

Iz tega zgleada sledi: **Čim toplejša je črpalka, tem večja je količina (masa) vodne pare, ki jo izčrpa iz vakuumske posode v časovni enoti pri konstantnem pretoku "balastnega" zraka.**

V tujih katalogih pa lahko najdete naslednje podatke za največji dovoljeni pretok vodnih par (WATER VAPOUR CAPACITY), in sicer za majhne enostopenjske rotacijske črpalke (do 20 m³/h) od 0,2 do 0,8 kg/h, za večje (od 30 do 250 m³/h) pa od 0,9 do 6,9 kg/h, prenosorazmerno z velikostjo črpalke.

Če si boste, dragi bralci, od vsega navedenega zapomnili vsaj to, da se splača odpirati "gas ballast" ventil, in boste to tudi prakticirali, ste si naredili veliko uslugo, črpalka pa vam bo hvaležno služila vrsto let. Torej: OB ZAGONU ČRPALKE ODPRITE VENTIL ZA DODAJANJE ZRAKA VSAJ ZA POL URE, PO KONČANEM ČRPANJU VAKUUMSKE POSODE (potem ko ste zaprli dovodni ventil k črpalki) PA SPET VSAJ ZA POL URE.

Dr. Jože Gasperič
Instit "Jožef Stefan"
Jamova 39, 61111 Ljubljana