

Tampereen yliopisto

YEB.431 TEKNILLINEN TERMODYNAMIKKA

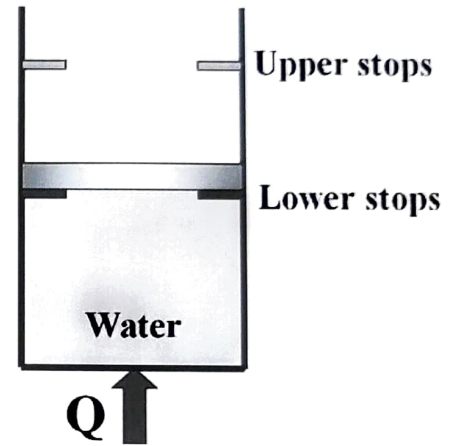
Tentti 17.12.2024 / Seppo Syrjälä

Sallittu kirjallisuus: jaettava kaavakokoelma

Palauta kaavakokoelma tentin jälkeen; älä tee siihen merkintöjä

Ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu

1. Säiliössä on alkutilanteessa 0.6 kg kostea vesihöyryä eli kylläisen höyryn ja kylläisen nesteen seosta lämpötilassa 120 °C; höyrypitoisuus alkutilanteessa on 20 %. Säiliössä on vapaasti liikkuva (mutta kuitenkin tiivis) mäntä, joka on alkutilanteessa kuvan mukaisesti alempia stoppareita vasten. Männän massa on sellainen, että sen liikuttamiseen tarvitaan paine 300 kPa. Säiliöön tuodaan lämpöä siten, että lopputilanteessa mäntä on ylempää stoppareita vasten, jolloin säiliön tilavuus on 0.18 m³. Paine lopputilanteessa on 600 kPa.

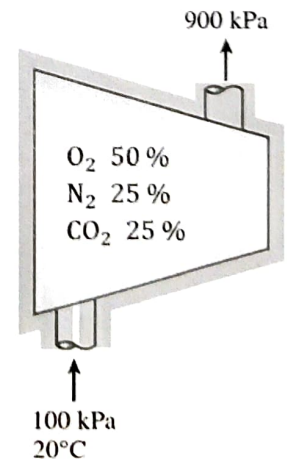


- (a) Määritä lopputilanteen lämpötila sekä prosessissa tehty työ
(b) Määritä tuotu lämpö

2. Etaania (C₂H₆) virtaa putkessa tilassa 9 MPa, 48 °C. Kuinka paljon virtauksen keskinopeutta on kasvatettava, jotta massavirta pysyisi samana lämpötilan noustessa arvoon 94 °C (paine ei muutu). Määritä siis keskinopeuksien suhde, V_2/V_1 . Käsittele etaani reaalikaasuna.

3. Hapen (O₂), typen (N₂) ja hiilidioksidin (CO₂) seos mooliosuuksina 50 %/25 %/25 % virtaa adiabaattisesti toimivaan kompressoriin paineessa 100 kPa ja lämpötilassa 20 °C. Kaasuseoksen massavirta on 2 kg/s ja paine ulosvirtauksessa 900 kPa. Kompressorin isentrooppinen hyötysuhde on 80 %. Määritä kompressorin ottama teho sekä exergiahäviö, \dot{X}_{dest} . Ympäristön lämpötila on 20 °C. Ota aineominaisuudet alla olevasta taulukosta.

Gas	c_p (kJ/kg·K)	M (g/mol)
O ₂	0.918	32
N ₂	1.039	28
CO ₂	0.846	44



4. Eräs kaasu noudattaa tilanyhtälöä:

$$\left(p + \frac{a}{v^2 T}\right)(v - b) = RT \quad (R \text{ on kaasuvakio, } a \text{ ja } b \text{ ovat vakioita})$$

Johda tälle kaasulle tulos sisäenergian muutokselle $u_2 - u_1$ ja entropian muutokselle $s_2 - s_1$ isotermissessä prosessissa, kun ominaistilavuus muuttuu arvosta v_1 arvoon v_2 . Mikä olisi vastaavassa tilanteessa $u_2 - u_1$ ideaalikaasulle?

5. Kuvan mukaisessa jäähdytysprosessissa kylmäaineena on R-134a. Kylmäaineen tilavuusvirta ennen kompressoria (piste 1) on $3 \text{ m}^3/\text{min}$ ja kompressorin isentrooppinen hyötysuhde on 66 %. Kompressori toimii adiabaattisesti. Muut lähtötiedot on annettu kuvassa. Määritä:

- Lämpövirta jäähdytettävästä kohteesta, \dot{Q}_L [kW].
- \dot{S}_{gen} (rate of entropy generation) kompressorille [kW/K].
- Kylmäaineen höyrypitoisuus kohdassa 4 (x_4).

