

# Kompresszorok, fűvők

## (19. fejezet)

1. Dugattyús kompresszor dugattyújának átmérője  $D = 300$  mm, lökethossza  $s = 200$  mm, fordulatszáma  $n = 600$  f/min, szállítási foka  $\lambda_{sz} = 0,8$ . A kompresszor levegőt 1 bar nyomásról sűrít 5 bar nyomásra, izotermikus kompresszióval (a levegő gázállandója  $R = 287$  J/(kg·K)).

Kérdések:

- a./ Mennyi a kompresszor szállítóteljesítménye?  
 b./ Milyen átmérőjű legyen a szívó- és a nyomócső, ha a gáz sebessége mindkét helyen 25 m/s?

### Megoldás

A szállított mennyiség:

$$Q_{be} = \lambda_{sz} \cdot A \cdot s \cdot \frac{n}{60} = 0,8 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} \cdot 0,2 \cdot \frac{600}{60} = 0,138 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

A szívócső átmérője, a kontinuitási tétel szerint:

$$\frac{\pi d_{sz}^2}{4} \cdot v_{sz} = Q_{be} \Rightarrow d_{sz} = \sqrt{\frac{4 Q_{be}}{\pi v_{sz}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,138}{3,14 \cdot 25}} = 0,0965 \text{ m} = 97 \text{ mm}$$

A nyomócsőnél a nyomás ötször akkora, így izotermikus állapotváltozásnál  $p_1 Q_{be} = p_2 Q_{ny}$  igaz, tehát a kiáramló térfogatáram az ötöd részére csökken:

$$Q_{ny} = \frac{1}{5} \cdot Q_{be} = \frac{1}{5} \cdot 0,138 = 0,0366 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

A nyomócső átmérője

$$d_{ny} = \sqrt{\frac{4 Q_{ny}}{\pi v_{sz}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0366}{3,14 \cdot 25}} = 0,0431 \text{ m} = 43 \text{ mm}$$

2. Határozzuk meg az egyhengeres, egyfokozatú, káros terű dugattyús kompresszor maximális megengedett nyomását, ha a kezdetnyomás 0,1 MPa és a káros térvizony  $\varepsilon_0 = 10$  %. Kompresszió politropikus, az  $n = 1,2$  politropikus kitevővel.

### Végeredmény:

$$p_{\max} = 1,78 \text{ Mpa}$$

Egyhengeres, egyfokozatú dugattyús kompresszor  $Q = 360 \text{ m}^3/\text{h}$  mennyiségű,  $p = 0,1 \text{ MPa}$  nyomású, és  $t = 17 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű levegőt ( $R = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ) szív be és majd összenyomja azt  $0,7 \text{ MPa}$  végnyomásra. Mekkora az összenyomított levegő hőmérséklete, és a kompresszor hajtásához szükséges teljesítménye a) izotermikus, b) adiabatikus ( $\kappa = 1,4$ ), és c) politropikus ( $n = 1,25$ ) kompresszió esetében?

Végeredmény:

$$T_{ad} = 506 \text{ K} = 233 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_{pol} = 428 \text{ K} = 155 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_{izot} = 19,46 \text{ kW}, \quad P_{ad} = 26,0 \text{ kW}, \quad P_{pol} = 23,8 \text{ kW}$$

3. Egyhengeres ( $z = 1$ ), kétfokozatú dugattyús kompresszor adatai:  $D_1 = 290 \text{ mm}$ ,  $D_2 = 235 \text{ mm}$ ,  $s = 170 \text{ mm}$ ,  $n_f = 725 \text{ f}/\text{min}$ . A kezdeti gáznyomás  $p_1 = 100 \text{ kPa}$ , a végnyomás  $p_2 = 1000 \text{ kPa}$ . ( $R = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ,  $t_{be} = 20^\circ\text{C}$ ). Határozzuk meg az első fokozat végnyomását és egy ütem alatt beszívott levegő mennyiségét, ha  $\lambda_{sz} = 0,84$ . Mekkora a politrop kompressziómunka egy fordulat alatt, ha  $n = 1,38$ ?

Megoldás

A szállított mennyiség:

$$Q_{be} = \lambda_{sz} \cdot z \cdot A \cdot s \cdot \frac{n}{60}$$

Amiből az egy fordulat alatt beszívott mennyiség

$$V_{be} = \lambda_{sz} \cdot z \cdot A \cdot s = 0,84 \cdot 1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,290^2}{4} \cdot 0,17 = 0,00942 \text{ m}^3$$

Az első fokozat végnyomása, vagy a második fokozat kezdetnyomása:

$$p_x = \sqrt{p_1 \cdot p_2} = \sqrt{100 \cdot 1000} = 316 \text{ kPa}$$

A fajlagos politropikus kompressziómunka

$$W_{I.pol} + W_{II.pol} = \frac{n}{n-1} \cdot p_1 \cdot V_1 \left[ \left( \frac{p_x}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} + \left( \frac{p_2}{p_x} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 2 \right]$$

Ha az egy fordulatra jutó munkát akarjuk megkapni, akkor a fajtérfogat helyett az egy ütem alatt beszívott levegő térfogatát kell írni, tehát

$$\begin{aligned} W_{I.pol} + W_{II.pol} &= \frac{n}{n-1} \cdot p_1 \cdot V_{be} \left[ \left( \frac{p_x}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} + \left( \frac{p_2}{p_x} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 2 \right] = \\ &= \frac{1,38}{1,38-1} \cdot 10^5 \cdot 0,00942 \left[ \left( \frac{3,16 \cdot 10^5}{10^5} \right)^{\frac{1,38-1}{1,38}} + \left( \frac{10 \cdot 10^5}{3,16 \cdot 10^5} \right)^{\frac{1,38-1}{1,38}} - 2 \right] = 2550,4 \text{ J} \end{aligned}$$

4. Kompresszor adatai: káróstérviszony  $\varepsilon = 3,5 \%$ , nyomásviszony  $\sigma = 3,5$ , politropikus kitevő expanziónál  $n = 1,1$ . Vegyük, hogy a beszívott levegő paraméterei  $0,1 \text{ MPa}$  és  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , és a kompresszió az  $0,098 \text{ MPa}$  nyomáson és  $38 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten kezdődik. A kompresszor volumetrikus hatásfoka  $\eta_V = 0,98$ , nedvesség-együttható  $\lambda_\psi = 0,98$ . Kérdés: mennyi a kompresszor szállítási foka?

Végeredmény:

$$\lambda_{sz} = 0,835$$

5.

Egy dugattyús kompresszor főbb műszaki jellemzői a következők. Furat:  $D = 60 \text{ mm}$ , löket  $s = 70 \text{ mm}$ , szívási végnyomás  $p_1 = 0,9 \text{ bar}$ , nyomásviszony  $\sigma = 7$ , mennyiségi fok  $\lambda_V = 0,9$ , káros térfogat nagysága  $V_k = 0,026 \cdot V_h$ , szívási véghőmérséklet  $t_1 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ , a kompresszió politropikus kitevője  $n_1 = 1,26$ , a kompresszor hajtás összhatásfoka  $\eta_0 = 0,6$ . Határozza meg a kompresszor jellemzőit, teljesítőképességét és teljesítményszükségletét, ha hajtása egy  $n_f = 970 \text{ min}^{-1}$  fordulatszámú villanymotorral történik  $i = 1,5$  lassító áttétellel. A kompresszor levegőt szállít ( $R = 287 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ ,  $c_p = 1005 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ ,  $c_v = 718 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ ).

A kompresszor lökettérfogata:

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} s = \frac{3,14 \cdot 0,06^2}{4} \cdot 0,07 = 1,98 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

A káros tér nagysága:

$$V_k = 0,026 \cdot V_h = 0,026 \cdot 0,000198 = 5,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Az 1. pont jellemzői:

$$p_1 = 0,9 \text{ bar}$$

$$T_1 = 323 \text{ K}$$

$$V_1 = V_h + V_k = 0,000198 + 0,00000514 \approx$$

$$\approx 0,000203 \text{ m}^3 = 2,03 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Egy ciklus alatt szállított levegő tömege:

$$m = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{90000 \cdot 2,03 \cdot 10^{-4}}{287 \cdot 323} =$$

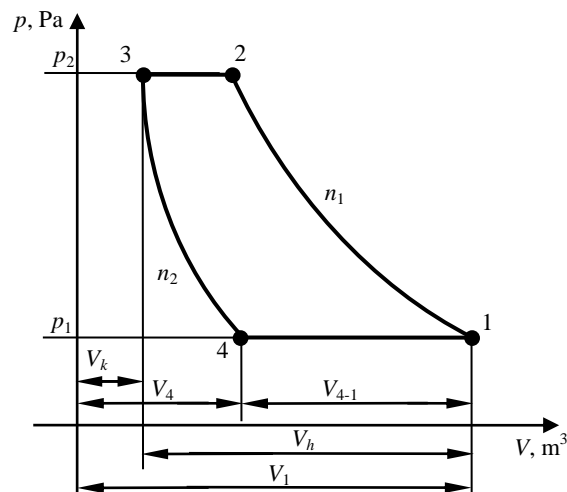
$$= 0,000197 \text{ kg} = 1,97 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$$

A kompresszor légszállítási teljesítménye (teljesítőképessége):

$$\dot{V}_{1-4} = \lambda_V V_h \frac{n_f}{60 i} = 0,9 \cdot 1,98 \cdot 10^{-4} \frac{970}{60 \cdot 1,5} = 0,0019 \text{ m}^3 / \text{sec} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{sec} = 6840 \text{ l/h}$$

A 2. pont jellemzői:

$$p_2 = \sigma \cdot p_1 = 7 \cdot 0,9 = 6,3 \text{ bar}$$



A dugattyús kompresszor  $p$ - $V$  diagramja

A térfogat és a hőmérséklet Poisson egyenleteiből adódik:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 323 \cdot \left( \frac{2,03 \cdot 10^{-4}}{4,33 \cdot 10^{-5}} \right)^{1,26-1} \approx 483 \text{ K}$$

$$V_2 = V_1 \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{1/\gamma} = 2,03 \cdot 10^{-4} \cdot \left( \frac{0,9}{6,3} \right)^{1/1,26} = 0,0000433 \text{ m}^3 = 4,33 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

A politropikus kompresszió során elvont hőmennyiség:

$$c_n = c_v \frac{n_1 - \kappa}{n_1 - 1} = 718 \cdot \frac{1,26 - 1,4}{1,26 - 1} \approx -387 \text{ J/(kgK)}$$

$$Q_{12} = m c_n (T_2 - T_1) = -1,97 \cdot 10^{-4} \cdot 387 \cdot (483 - 323) = -12 \text{ J}$$

A kompressziós folyamat munkáigénye:

$$W_k = \frac{n_1}{n_1 - 1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{1,26}{1,26 - 1} (0,9 \cdot 10^5 \cdot 2,03 \cdot 10^{-4} - 6,3 \cdot 10^5 \cdot 4,33 \cdot 10^{-5}) = -43,7 \text{ J}$$

A 3. pont jellemzői:

$$p_3 = p_2 = 6,3 \text{ bar} \quad V_3 = V_k = 5,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

A 4. pont jellemzői:

$$p_4 = p_1 = 0,9 \text{ bar} \quad V_{1-4} = \lambda_v V_h = 0,9 \cdot 1,98 \cdot 10^{-4} = 1,78 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_4 = V_1 - V_{1-4} = 2,03 \cdot 10^{-4} - 1,78 \cdot 10^{-4} = 2,49 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

A 3-4 expanzió politropikus kitevője:

$$n_2 = \frac{\ln \frac{p_3}{p_4}}{\ln \frac{V_4}{V_3}} = \frac{\ln \frac{6,3}{0,9}}{\ln \frac{24,9}{5,14}} = 1,23$$

A politropikus expanzió munkája:

$$W_e = \frac{n_2}{n_2 - 1} (p_3 V_3 - p_4 V_4) = \frac{1,23}{1,23 - 1} (6,3 \cdot 10^5 \cdot 5,14 \cdot 10^{-6} - 0,9 \cdot 10^5 \cdot 2,49 \cdot 10^{-5}) = 5,28 \text{ J}$$

A kompresszió ciklus fenntartásához szükséges munka a sűrítés és a terjeszkedés munkájának algebrai összege:

$$W = W_k + W_e = -43,7 + 5,28 = -38,42 \text{ J}$$

A kompresszor hajtásához szükséges teljesítmény ( $k$  biztonsági tényező  $k = 1,1$ ):

$$P = \frac{k |W|}{60 \eta_{\ddot{o}}} \frac{1}{n_f} = \frac{1,1 \cdot 38,42 \cdot 970}{1,5 \cdot 0,6 \cdot 60} \approx 760 \text{ W} = 0,76 \text{ kW}$$