

A hőerőgép termodinamikai hatásfoka

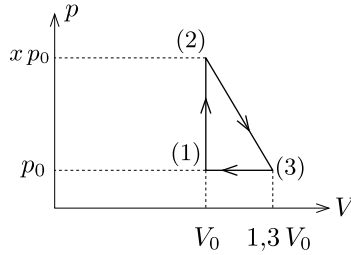
$$\eta = \frac{W^*}{Q_{\text{fel}}},$$

ahol Q_{fel} a körfolyamat során felvett hő, W^* pedig a gáz által végzett mechanikai munka. Ez utóbbi az *ábrán* látható háromszög területe:

$$W^* = \frac{0,3 V_0 (p^* - p_0)}{2},$$

ami a $p^* = x p_0$ jelöléssel így írható:

$$W^* = 0,15 (x - 1) p_0 V_0.$$



Az (1) → (2) folyamatban felvett hő a gáz belső energiájának megváltozásával egyenlő:

$$Q_{1-2} = \Delta E_b = \frac{f}{2} (x p_0 V_0 - p_0 V_0) = 1,5 (x - 1) p_0 V_0.$$

Vegyük észre, hogy a W^*/Q_{1-2} arány *független* x értékétől, nagysága 0,1.

Ha a körfolyamat során nemcsak az (1) → (2), hanem a (2) → (3) szakaszon is történik hőfelvétel, akkor a hőerőgép hatásfoka biztosan kisebb, mint a fentebb számított W^*/Q_{1-2} arány, vagyis 10%. (A (3) → (1) szakaszon, izobár összehúzódnás során a gáz *hőt ad le*, ezzel tehát a hatásfok számításánál nem kell törődnünk.)

Azt, hogy a (2) → (3) folyamat során történik-e hőfelvétel, a $p - V$ diagramon látható egyenes meredeksége és az adiabaták ottani meredeksége dönti el. Az egyenes meredeksége mindvégig

$$m_{\text{egyenes}} = -\frac{p_0(x-1)}{0,3 V_0},$$

míg a $pV^{5/3} = \text{állandó}$ egyenletű adiabaták meredeksége

$$m_{\text{adiabata}} = -\frac{5}{3} \frac{p}{V}.$$

(Ez utóbbi differenciálszámítással, vagy abból a feltételből kapható meg, hogy a gázon végzett kicsiny munka éppen a belső energia megváltozását fedezi.) Akkor nincs *sehol* hőfelvétel a (2) → (3) folyamatban, ha az egyenes minden pontjában teljesül, hogy a térfogat növekedésekor a gáz nyomása gyorsabb „ütemben” csökken, mint amekkora az adiabatikus állapotváltozás nyomáscsökkenésének üteme:

$$|m_{\text{egyenes}}| \geq |m_{\text{adiabata}}|, \quad \text{vagyis} \quad \frac{p_0(x-1)}{0,3 V_0} \geq \frac{5}{3} \frac{p}{V}.$$

Mivel a p/V hányados a (2) állapotban a legnagyobb, a fenti egyenlőtlenség akkor teljesül (2) és (3) között *mindenhol*, ha

$$\frac{p_0(x-1)}{0,3 V_0} \geq \frac{5}{3} \frac{x p_0}{V_0},$$

vagyis $x \geq 2$. A hatásfok tehát akkor maximális, ha p^* legalább $2p_0$, és ez a maximum 10 százalék.