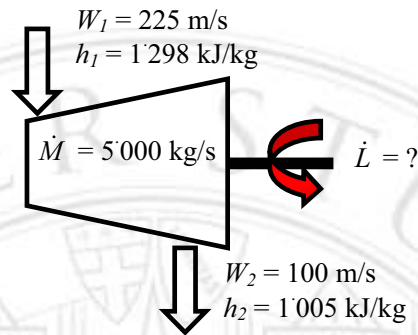


Esercizio (sistemi aperti)

Una turbina, che si può supporre ben isolata termicamente dall'ambiente esterno, è attraversata da una portata massica di vapor d'acqua $\dot{M} = 5'000 \text{ kg/h}$. Il vapore entra con velocità media $W_1 = 225 \text{ m/s}$ ed entalpia specifica $h_1 = 1'298 \text{ kJ/kg}$ ed esce con velocità media $W_2 = 100 \text{ m/s}$ ed entalpia specifica $h_2 = 1'005 \text{ kJ/kg}$. Determinare la potenza prodotta all'albero.

**Soluzione**

La turbina è un **sistema aperto**, in regime stazionario, con una corrente entrante ed una uscente; applicando il 1° principio in forma termica:

$$\frac{W_2^2 - W_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + h_2 - h_1 = q' - l' \quad \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad (1)$$

Per ipotesi la turbina è ben isolata termicamente dall'ambiente esterno, dunque:

$$q' = 0 \quad (2)$$

Inoltre, per produrre 1 kJ/kg di energia per unità di massa il dislivello di quota deve essere:

$$g(z_2 - z_1) = 1 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \Rightarrow (z_2 - z_1) = \frac{1'000}{9,81} \approx 102 \text{ [m]} \quad (3)$$

Ma tra l'entrata e l'uscita della turbina il dislivello è molto minore; dunque si può senz'altro porre:

$$g(z_2 - z_1) \approx 0 \quad (4)$$

Pertanto la (1) diventa:

$$\frac{W_1^2 - W_2^2}{2} + h_1 - h_2 = l' \quad (5)$$

Sostituendo i valori numerici nella (5):

$$l' \approx 20 \cdot 313 + 293 \cdot 000 = 313,313 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad (6)$$

Si noti che il termine cinetico è molto minore del termine entalpico, cioè che il lavoro specifico prodotto dalla turbina viene dalla diminuzione di entalpia specifica del fluido, più che dalla contemporanea diminuzione di energia cinetica per unità di massa.

Per passare dal lavoro specifico, l' , alla potenza prodotta, \dot{L} , si può osservare che dimensionalmente le due grandezze sono legate mediante la portata massica:

$$[\dot{L}] = \text{kW} = \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = [l'] [\dot{M}] \quad (7)$$

Dunque sostituendo i valori numerici nella (7):

$$\dot{L} = l' \dot{M} = 313,313 \cdot \frac{5 \cdot 000}{3 \cdot 600} = 435,2 \text{ [kW]} \quad (8)$$