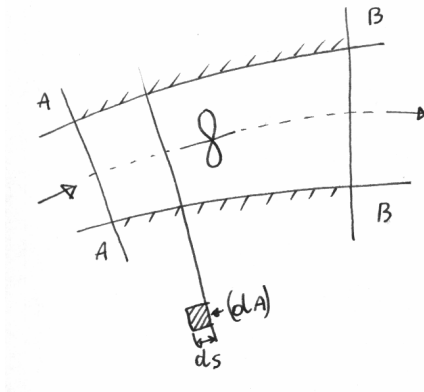


SISTEMI APERTI

Sono sistemi aperti quelli nei quali si ha un ricambio continuo di fluido. Prendiamo in esame un volume di controllo delimitato dalle facce A e B e dalla superficie laterale del condotto. Supponiamo che il modello in esame è monodimensionale ossia le particelle in una sezione,



perpendicolare all'asse del condotto abbiano gli stessi parametri p, v , ecc. Nel caso in cui il fluido incontri una superficie mobile attraversando il volume di controllo se misuriamo la potenza assorbita o sviluppata dal fluido sulla superficie mobile, ci poniamo il quesito se essa sarà uguale al lavoro termodinamico? In generale NO perché il lavoro complessivo che il fluido effettua o riceve durante la permanenza nel volume di controllo non è uguale a quella calcolata sulla superficie mobile. Se 1 Kg di fluido entra in A ed esce in B attraverso

il volume controllato si ha una spinta che sposta il fluido verso la sezione A di conseguenza il bilancio di energia non si esaurisce intorno alla superficie mobile ma c'è un lavoro di passaggio del fluido attraverso una certa sezione. Questi sono i lavori di pulsione e si elidono tutti tranne che per le sezioni finali A e B. Di conseguenza:

$$dL = dL + dL^*$$

dL = Lavoro tecnico, dL^* = lavoro di pulsione, dL = lavoro termodinamico

Vogliamo ora calcolare il lavoro che occorre spendere per far passare l'elemento di fluido sulla generica sezione Ω e questo si può fare seguendo 2 diversi criteri.

Ottica Lagrangiana : si segue la particella fluida nel suo percorso dal suo ingresso nel sistema (aperto), all'uscita della stessa. Allo scopo consideriamo un elementino di massa di fluido :

Lavoro = Forza x spostamento = $p dA \cdot ds$ e poiché ci riferiamo al lavoro per unità di massa

$$\frac{\text{Lavoro}}{\text{massa}} = \frac{p dA ds}{r dA ds} \rightarrow L^* = \frac{p}{r} = pv$$

pv = Lavoro che viene speso sulla particella fluida a valle ed è uguale al lavoro che l'elemento compie sulla particella a monte.

$dL^* = -d(pv)$ lavoro che un elemento della generica sezione compie sul precedente ma che a sua volta il seguente gli offre per cui complessivamente:

$$dL^* = -d(pv) \rightarrow L^*_{A,B} = \frac{p_A}{r_A} - \frac{p_B}{r_B} = p_A v_A - p_B v_B$$

dL^* = Lavoro ceduto da fluido.

$p_A v_A$ positivo fatto sul fluido.

$p_B v_B$ negativo fatto dal fluido verso l'esterno.

Il lavoro scambiato sulla superficie mobile :

$$dL = dL - dL^* \Rightarrow \text{se la trasformazione è reversibile } dL_{rev} = dL_{rev} + d(pv) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow dL_{rev} = -pdv + pdv + vdp = +vdp$$

$dL_{rev} = vdp$ Se comprimo il fluido $dp > 0$ e $dL > 0$, secondo le convenzioni.

L_{rev} = Lavoro tecnico reversibile

$$dQ + dL = dU + (dE_c + dE_p)$$

$$dQ + dL - d(pv) = dU + (dE_c + dE_p)$$

considerato che $dH = dU + d(pv)$

$$dQ + dL = dH + (dE_c + dE_p)$$

