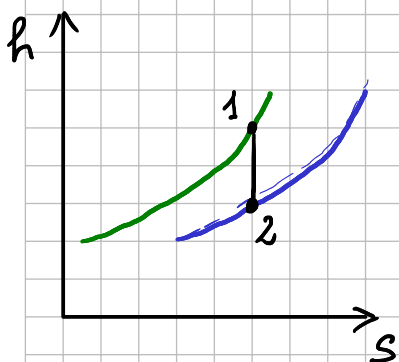


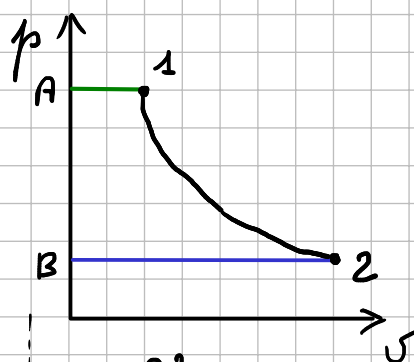
ESPANSIONE E COMPRESSIONE IDEALI

ESPANSIONE IDEALE



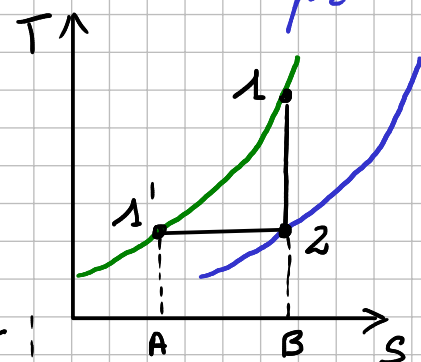
$$L = m \cdot (h_1 - h_2) > 0$$

$$l = h_1 - h_2 > 0$$



$$l = - \int_1^2 v dp - L_{ARR}^0$$

$$= \text{AREA}(A12B)$$

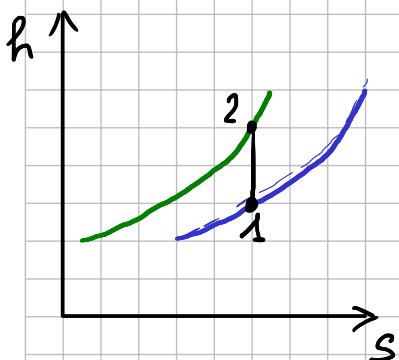


$$l = \int_1^2 dh = \int_1^{1'} dh + \int_{1'}^2 dh$$

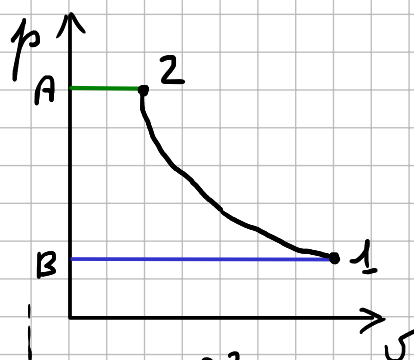
$$= \int_1^{1'} T ds \text{ (ISOBARA)}$$

$$= \text{AREA}(A11'B)$$

COMPRESSIONE IDEALE

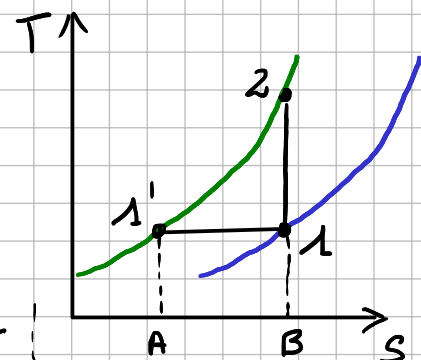


$$l = h_1 - h_2 < 0$$



$$l = - \int_1^2 v dp$$

$$= \text{AREA}(A12B)$$



$$l = \int_1^2 dh = \int_1^{1'} dh + \int_{1'}^2 dh$$

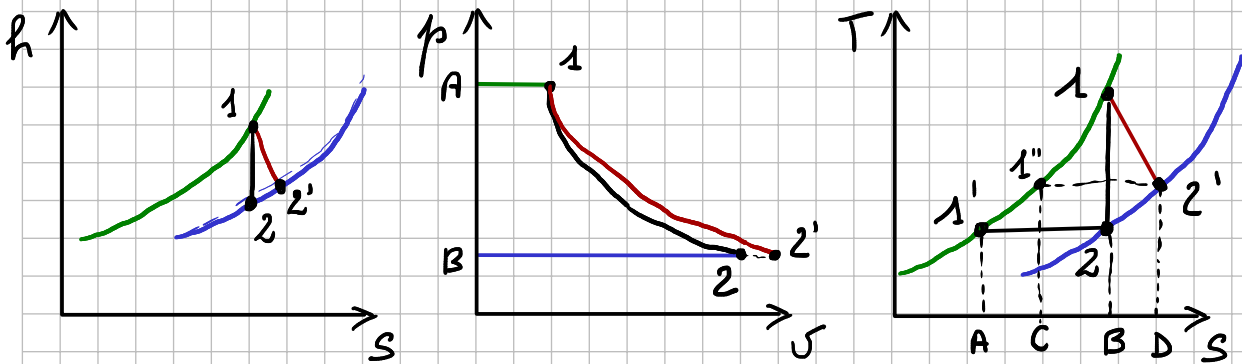
$$= \int_1^{1'} T ds =$$

$$= \text{AREA}(A12B)$$

È possibile notare una forte simmetria tra le espressioni del lavoro ideale per un'espansione ed una compressione adiabatica. Non troveremo la stessa simmetria nei processi reali, e scopriremo che è per questo motivo che compressori con rendimenti elevati sono apparsi più tardi delle analoghe turbine.

ESPANSIONE E COMPRESSIONE REALI

ESPANSIONE REALE



$$Q = 0 \rightarrow T ds = \delta L_{ATR} > 0 \rightarrow ds > 0$$

$$L_{ATR} > 0 \rightarrow h_2' > h_2 \rightarrow l_2 = h_1 - h_2' < l_{id} = h_1 - h_2$$

$$l_{id} - l_2 = h_2' - h_2$$

Essendo la curva dell'indicare sul piano h-s crescente, se aumenta s aumenta anche h_2 .

NOTA: il lavoro perso è pari alla differenza tra l'entalpia allo stato 2' e quella allo stato 2; tale perdita è però - in via eccezionale - inferiore al lavoro di attrito poiché parte dell'energia dissipata tramite attrito è recuperata sotto forma di calore che "aiuta il fluido" durante l'espansione.

In questo caso l'attrito - per quanto strano possa sembrare - dà un proprio contributo al lavoro utile, comportamento opposto a quello che noteremo nel caso della compressione.

DAL DIAGR. P-v:

$$l_2 = - \int_1^{2'} v dp - L_{ATR} = \text{AREA}(A12'B) - L_{ATR} =$$

$$= \text{AREA}(A12B) + \text{AREA}(122') - L_{ATR} =$$

$$= l_{id} + \text{AREA}(122') - L_{ATR}$$

$$l_{perso} = l_{id} - l_2 = L_{ATR} - \text{AREA}(122') < L_{ATR}$$

OVVIAMENTE: $L_{REC} = \text{AREA}(122') < L_{ATR}$

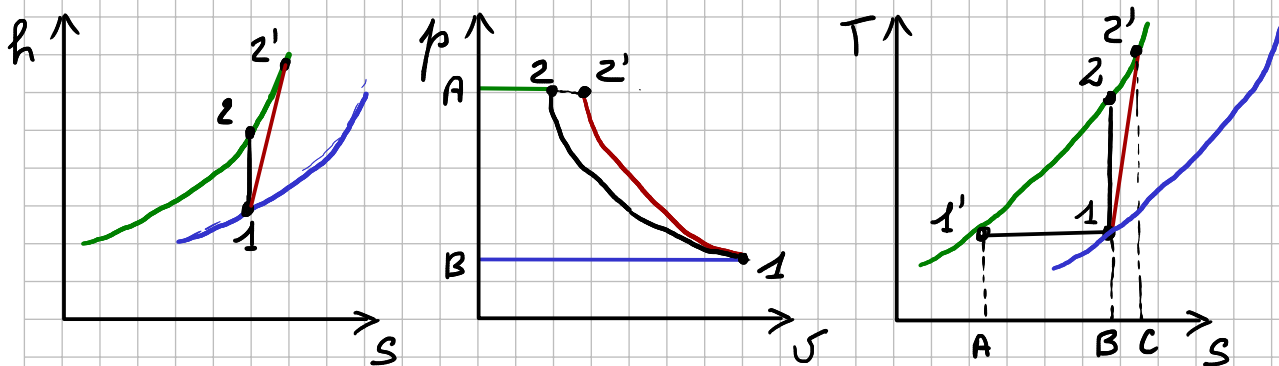
DAL DIAGR. T-s:

$$l_2 = \int_1^{2'} dh = \int_1^{1''} dh + \int_{1''}^{2'} dh = \int_1^{1''} T ds = \text{AREA}(C1''1B)$$

$$l_{id} = \text{AREA}(A1'1B), \quad l_{perso} = \text{AREA}(A1'1''C), \quad \int_1^{2'} T ds = L_{ATR} = \text{AREA}(B12'D)$$

INFINE: $l_{perso} = \text{AREA}(A1'1''C) = \text{AREA}(B22'D) = (B12'D) - (212') = L_{ATR} - L_{REC}$

COMPRESSIONE REALE



$$Q = 0 \quad L_{ATR} > 0 \quad \rightarrow T ds = \delta L_{ATR} > 0 \quad \rightarrow ds > 0$$

$$h_{2'} > h_2 \quad \rightarrow l_2 = h_{2'} - h_1 > l_{id} = h_2 - h_1$$

$$l_2 - l_{id} = h_{2'} - h_2$$

NOTA: come prima il lavoro perso è pari alla differenza tra l'entalpia allo stato 2' e quella allo stato 2; a differenza del caso precedente, il calore prodotto dagli attriti si oppone alla compressione del fluido: per questo motivo, il lavoro perso è stavolta maggiore del lavoro di attrito.

DAL DIAGR. P-v:

$$l_2 = - \int_1^{2'} v dp - L_{ATR} = - \text{AREA}(A12'B) - L_{ATR} =$$

$$= - (\text{AREA}(A12B) + \text{AREA}(122')) - L_{ATR} =$$

$$= l_{id} - \text{AREA}(122') - L_{ATR}$$

$$l_{\text{perso}} = l_2 - l_{id} = - (L_{ATR} + \text{AREA}(122')) \quad |l_{\text{perso}}| > L_{ATR}$$

DAL DIAGR. T-s:

$$l_2 = \int_1^{2'} dh = \int_1^{1'} dh + \int_{1'}^{2'} dh = \int_1^{2'} T ds = \text{AREA}(A1'2'C)$$

$$\text{INOLTRE: } \int_1^{2'} T ds = L_{ATR} = \text{AREA}(B12'C)$$

$$|l_{\text{perso}}| = (A1'2'C) - (A1'2'B) = \underbrace{(B12'C)}_{L_{ATR}} + (122') \quad \text{ALTRE PERDITE}$$

ALCUNE CONSIDERAZIONI:

- La simmetria riscontrata nei casi ideali non sussiste più nei casi reali a causa della presenza del lavoro di attrito sempre positivo.
- Il lavoro disperso in attrito è parzialmente recuperato in una espansione, mentre contribuisce ad aumentare ulteriormente la spesa energetica in una compressione.
- La compressione è una trasformazione più critica dell'espansione, come già osservato e come si può vedere chiaramente nei diagrammi h-s e T-s.
- Per questi motivi, compressori con rendimenti elevati sono apparsi più tardi delle analoghe turbine.