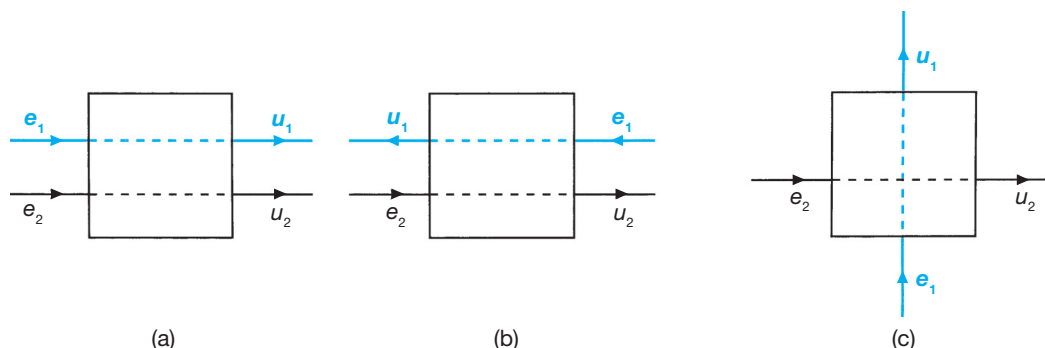


Scambiatori di calore. Generatori di vapore, caldaie e condensatori

Scambiatori di calore

Lo **scambiatore di calore** è un'apparecchiatura che favorisce lo scambio termico tra due fluidi senza contatto e mescolamento, attraverso pareti metalliche resistenti alle alte temperature e alla corrosione.

Soluzioni costruttive	Tipologie di funzionamento
a doppio tubo	equicorrente (a)
a fascio tubiero	controcorrente (b)
a pacco	trasversale (c)



La soluzione in controcorrente è più conveniente perché, a parità delle temperature del fluido caldo e del fluido freddo in entrata, la temperatura del fluido freddo in uscita risulta più elevata e la ΔT tra i due fluidi è poco variabile lungo il percorso.

In assenza di dispersioni tutto il calore ceduto dal fluido caldo è assorbito dal fluido freddo e la potenza scambiata risulta pari a:

$$N_{sc} = Q_{m1} \cdot c_1 \cdot \Delta T_1 = Q_{m2} \cdot c_2 \cdot \Delta T_2$$

In funzione delle temperature medie dei due fluidi e delle caratteristiche della parete di scambio (trasmittanza U in $W/m^2 \cdot K$ e superficie S in m^2) si ha:

$$N_{sc} = U \cdot S \cdot (T_{m1} - T_{m2})$$

Nelle situazioni reali sono presenti dispersioni di calore e si determina l'**efficienza dello scambiatore**, come rapporto tra la potenza termica effettivamente scambiata e quella massima teorica:

$$e = \frac{N_{eff}}{N_{max}}$$

Generatori e caldaie

Apparecchiature con la finalità di fornire energia termica a una portata di acqua:

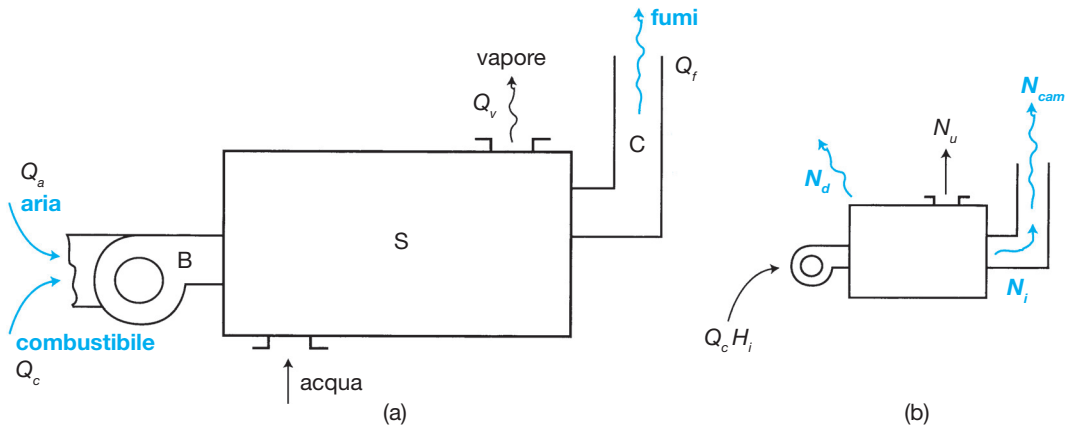
Caldaia

- riscaldamento senza passaggio di stato

Generatore di vapore

- produzione continua di vapore acqueo

Nel *bruciatore* sono miscelati aria e combustibile per dare origine ai gas caldi (*fumi*), che al termine sono espulsi dal *camino*; si realizza una combustione nel *focolare* e uno scambio tra i fumi caldi e l'acqua in un *fascio tubiero*.



Potenzialità (kg/h): portata di vapore prodotto nel generatore in condizioni di regime.

Potenzialità specifica $\left(\frac{\text{kg}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \right)$: rapporto tra portata di vapore e superficie di scambio.

Potenza termica utile: $N_u = Q_v \cdot (h_u - h_e)$.

Rendimento del generatore in base alla portata Q_c e al potere calorifico H_i del combustibile:

$$\eta = \frac{N_u}{Q_c \cdot H_i}$$

Il rendimento è minore del 100% a causa di:

- perdite per *dispersione nell'ambiente* attraverso l'involucro;
- perdite per *incombusti* (calore latente);
- perdite al *camino* (calore sensibile).

Tipi di generatori

a tubi di fumo

- l'acqua è in un corpo cilindrico di grande diametro
- i fumi scorrono entro una serie di tubi immersi nell'acqua
- ancora usati in campo industriale per potenze e pressioni limitate

a tubi d'acqua

- l'acqua-vapore umido circola in tubi di piccolo diametro
- i fumi percorrono un percorso tortuoso lambendo i tubi stessi
- anche per potenzialità e pressioni molto elevate

a tubi suborizzontali

a tubi subverticali

Nei generatori a tubi d'acqua sono presenti spesso altri scambiatori:

- **surriscaldatore**: il vapore saturo viene separato dal liquido e riscaldato a pressione costante a una temperatura superiore a quella di vaporizzazione;
- **economizzatore**: l'acqua di alimentazione recupera parte del calore residuo dei fumi della combustione in uno scambiatore posto prima dell'ingresso nel generatore;
- **preriscaldatore d'aria**: ulteriore recupero di calore a favore dell'aria da inviare al bruciatore, prima dell'invio dei fumi al camino.

Condensatori

Il **condensatore** è l'organo in cui avviene il passaggio inverso alla vaporizzazione. È uno scambiatore di calore, in cui una portata di acqua fredda (o altro fluido) sottrae energia termica al vapore per fargli raggiungere la temperatura di saturazione.

Tipi di condensatori:

- **a miscela**: il vapore è miscelato con acqua fredda, a pioggia o nebulizzata;
- **a superficie**: scambiatore a fascio tubiero, con l'acqua di raffreddamento all'interno dei tubi di piccolo diametro (15-25 mm) e materiali speciali.

Potenza termica scambiata:

$$N_{sc} = \underbrace{Q_v \cdot (h_e - h_u)}_{\text{Vapore}} = \underbrace{Q_a \cdot c \cdot (t_u - t_e)}_{\text{Acqua di raffreddamento}}$$

Calcolo della **superficie di scambio** in base alla trasmittanza U ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) dello scambiatore:

$$S = \frac{N_{sc}}{U \cdot \Delta T} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$$