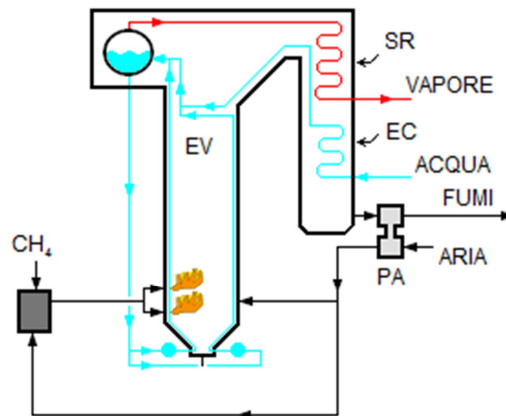


PROVA PROGETTUALE – SEZIONE INDUSTRIALE

Tema 1

Il candidato deve procedere al dimensionamento e alla progettazione preliminare di una caldaia industriale impiegata per la produzione di vapore surriscaldato. Si supponga che la caldaia impieghi come combustibile metano puro ( $\text{CH}_4$ ). Per quanto concerne l'architettura costruttiva, lo schema seguente mostra in modo semplificato la disposizione dei banchi di scambio termico rispetto al percorso dei prodotti di combustione.



I fumi incontrano in successione: banco di evaporazione (EV), surriscaldatore (SR), economizzatore (EC) e, prima di essere inviati verso il camino, un preriscaldatore dell'aria comburente (PA).

I vincoli progettuali sono di seguito elencati:

- potenza al focolare (potenza di combustione): 50 MW
- pressione acqua/vapore: 40 bar assoluti
- temperatura dell'acqua di alimento all'ingresso dell'EC: 120°C
- temperatura del vapore all'uscita del SR: 420°C
- temperatura dell'aria comburente all'ingresso del PA: 30°C
- temperatura dell'aria comburente all'uscita del PA: 110°C
- eccesso d'aria in camera di combustione: 18%

Si supponga che le uniche dispersioni termiche della caldaia siano le perdite al mantello e le perdite al camino, rispettivamente pari a 0.5% e 5%, realizzando quindi un rendimento globale di caldaia, comprensivo del preriscaldamento dell'aria, pari al 94.5%.

Si utilizzi come potere calorifico inferiore del metano il valore pari a 801.36 kJ/mol.

Il candidato può assumere per semplicità che aria e prodotti di combustione si comportino come gas perfetti, con calore specifico costante rispettivamente pari a 1.01 kJ/(kg K) e 1.1 kJ/(kg K).

Focalizzando l'attenzione sull'economizzatore della caldaia, si ipotizzi che esso sia composto da tubi in acciaio non alettati aventi le seguenti caratteristiche:

- coefficiente di scambio termico convettivo esterno (lato fumi):  $0.11 \text{ kW}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- conducibilità termica dell'acciaio:  $44 \text{ kW}/(\text{m K})$
- diametro esterno dei tubi: 38 mm
- diametro interno dei tubi: 30 mm
- lunghezza dei tubi: 19 m

Il coefficiente di scambio termico convettivo interno (lato acqua) è noto come funzione della velocità dell'acqua all'interno dei tubi (si supponga per semplicità che la portata venga distribuita uniformemente, in parallelo, negli N tubi dell'EC):

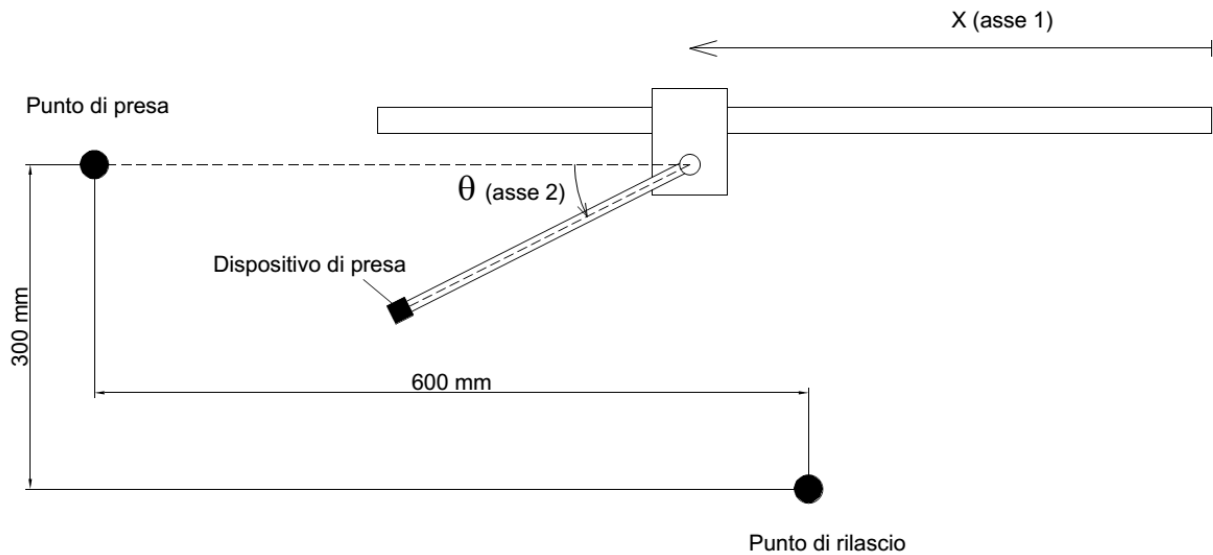
$$h_i = Z \cdot v^2,$$

dove  $Z = 1150 \text{ (kJ s)}/(\text{m}^4 \text{ K})$ ,  $v \text{ (m/s)}$ ,  $h_i \text{ (kW)}/(\text{m}^2 \text{ K})$

Si richiede di calcolare:

- la dosatura stechiometrica (rapporto in massa comburente/combustibile) e quella effettiva;
- la portata di combustibile consumata;
- la portata di vapore prodotta in t/h (tonnellate/ora);
- la temperatura dei fumi all'uscita della caldaia (a valle del PA);
- il numero di tubi N necessario per l'EC;
- il numero di tubi N' necessario per l'EC se i tubi non fossero nuovi, ma fossero caratterizzati da un fattore di sporramento sul lato fumi pari a  $0.0002 \text{ (m}^2 \text{ K)}/\text{W}$  e sul lato acqua pari a  $0.0003 \text{ (m}^2 \text{ K)}/\text{W}$ .

## Tema 2



In figura è schematicamente rappresentato, in un piano orizzontale, un dispositivo per operazioni di pick and place. Il sistema ha una configurazione a due gradi di libertà, una traslazione (asse 1) e una rotazione (asse 2), che consente di portare il dispositivo di presa dal "punto di presa" al "punto di rilascio".

La movimentazione ciclica avviene secondo leggi di moto ad accelerazione costante tagliata di tipo 1/3, 1/3, 1/3, con tempo di ciclo  $T_c = 1.5$  s e tempi di sosta (per la presa e il rilascio del pezzo) pari a  $T_s = 0.1$  s; inoltre i due assi sono interpolati, quindi i relativi istanti di inizio e fine ciclo coincidono.

Sono noti i seguenti dati:

- distanza tra "punto di presa" e "punto di rilascio" (si veda lo schema)
- angolo di rotazione dell'asse 2 in corrispondenza del "punto di presa":  $\theta = 0^\circ$
- angolo di rotazione dell'asse 2 in corrispondenza del "punto di rilascio":  $\theta = 90^\circ$
- massa del dispositivo di presa: 5 kg
- massa del pezzo da movimentare: 1 kg

Supponendo che il sistema sia azionato da servomotori brushless, e formulando le dovute ipotesi per la definizione di eventuali parametri mancanti, si chiede di:

- tracciare i diagrammi di spostamento, velocità e accelerazione dei singoli assi;
- definire una configurazione di massima per entrambi gli assi scegliendo, in particolare, la modalità di trasmissione del moto, discutendo le motivazioni delle relative scelte:
  - asse 1: cinghia dentata, vite a ricircolo di sfere;
  - asse 2: cinghia dentata, ruote dentate.
- definire la geometria, i materiali e le masse dei componenti del sistema soggetti a movimentazione;
- sulla base delle scelte effettuate ai punti precedenti, scegliere per entrambi gli assi il gruppo motore/riduttore;
- completare la configurazione del sistema, effettuando la scelta dei componenti necessari non trattati ai punti precedenti, e stenderne un disegno d'assieme ipotizzando anche la presenza di un telaio di sostegno; si assuma una quota di lavoro del sistema  $h = 1$  m.
- Per ognuno degli assi, definire un possibile schema di controllo di posizione, indicando anche la tipologia di traduttori necessari.

Per la scelta dei componenti del sistema, si può fare riferimento anche ai cataloghi forniti.

### Tema 3

Il candidato studi la realizzazione del componente descritto nell'**allegato A** (albero per sega a disco), ottenuto mediante lavorazione alle macchine utensili. Si preveda di impiegare un acciaio da bonifica non legato e di effettuare, se necessario, dei trattamenti termici.

L'elaborato deve essere suddiviso nelle seguenti parti:

#### **Parte 1 – Analisi critica**

Analisi funzionale

Analisi critica in funzione delle lavorazioni meccaniche

Eventuali modifiche in funzione delle lavorazioni meccaniche

#### **Parte 2 – Selezione materiali, macchine e attrezzature**

Scelta del materiale

Definizione del grezzo di partenza

Scelta delle macchine utensili

Scelta dei sistemi di staffaggio

#### **Parte 3 – Ciclo di lavorazione**

Si definisca il ciclo di lavorazione alle macchine utensili, sviluppando i seguenti punti.

Descrizione globale del ciclo di lavorazione. Descrivere e motivare le scelte e le impostazioni delle lavorazioni effettuate.

Descrizione schematica del ciclo. Si predispongano un cartellino di lavorazione e un foglio analisi debitamente compilati (**allegati B e C**). In particolare, per ciascuna operazione, deve essere proposto uno schizzo con la chiara indicazione del piazzamento, delle superfici che devono essere lavorate e degli utensili utilizzati. Le operazioni vanno poste in ordine di esecuzione e ad ogni operazione va assegnato un numero d'ordine progressivo.

Descrizione di dettaglio delle operazioni. Deve essere scelta un'operazione di tornitura per la quale vanno descritti in modo dettagliato tutti i passi seguiti, motivando tutte le scelte effettuate (scelta delle macchine, degli utensili e degli inserti, parametri di taglio, stima delle rugosità ottenibili, forze e potenze di lavorazione, verifica dell'inflessione del pezzo ecc). Per l'operazione descritta in dettaglio, si devono evidenziare i passaggi che portano al calcolo delle grandezze di interesse. Si calcoli infine velocità di taglio in grado di ottimizzare la lavorazione dal punto di vista dei costi in ambito deterministico.

#### **Parte 4 – Costi di lavorazione**

Si effettui una stima dei costi di fabbricazione del componente, partendo dai tempi di lavorazione ed effettuando delle ipotesi di buon senso per quanto riguarda costi dei macchinari, manodopera, grezzi, materiali di consumo ecc.

#### Tema 4

Si consideri la situazione di Bertoli spa, impresa industriale che realizza due prodotti principalmente con due materie prime, che:

- al 31/12/2012 ha:
  - rilevato un utile di 5.100.000 euro,
  - conseguito ricavi di vendita per 158.750.000 euro,
  - evidenziato una struttura patrimoniale in equilibrio;
- nell'esercizio 2013 ha:
  - aumentato il capitale sociale,
  - migliorato la situazione patrimoniale, finanziaria ed economica,
  - incrementato l'utile d'esercizio anche rispetto ai dati previsionali.

Si costruisca e si presenti, quindi:

- il budget economico d'esercizio, con evidenziazione del budget del costo industriale della produzione venduta, elaborato all'01/01/2013, considerando che:
  - è stato previsto un incremento delle vendite dei due prodotti del 4%,
  - le vendite del secondo prodotto rappresentano il 46% del totale delle vendite;
- lo Stato patrimoniale sintetico riclassificato secondo il criterio finanziario, considerando che:
  - nell'esercizio 2012 il capitale circolante netto è positivo per 2.353.000 euro e il totale delle immobilizzazioni è di 61.934.000 euro,
  - nell'esercizio 2013 l'attivo circolante è pari a 38.874.000 euro e rappresenta il 39,7% del totale impieghi;
- il Conto economico riclassificato a valore aggiunto, considerando che i ricavi di vendita sono risultati superiori rispetto ai dati di budget;
- la relazione sulla situazione finanziaria, patrimoniale ed economica al 31/12/2013 supportata dagli opportuni indici e margini.

Nel rispetto dei vincoli indicati nella traccia, il candidato è invitato a formulare le ipotesi che ritiene più utili ed adatte allo svolgimento della prova.