

Matricola	Cognome	Nome	

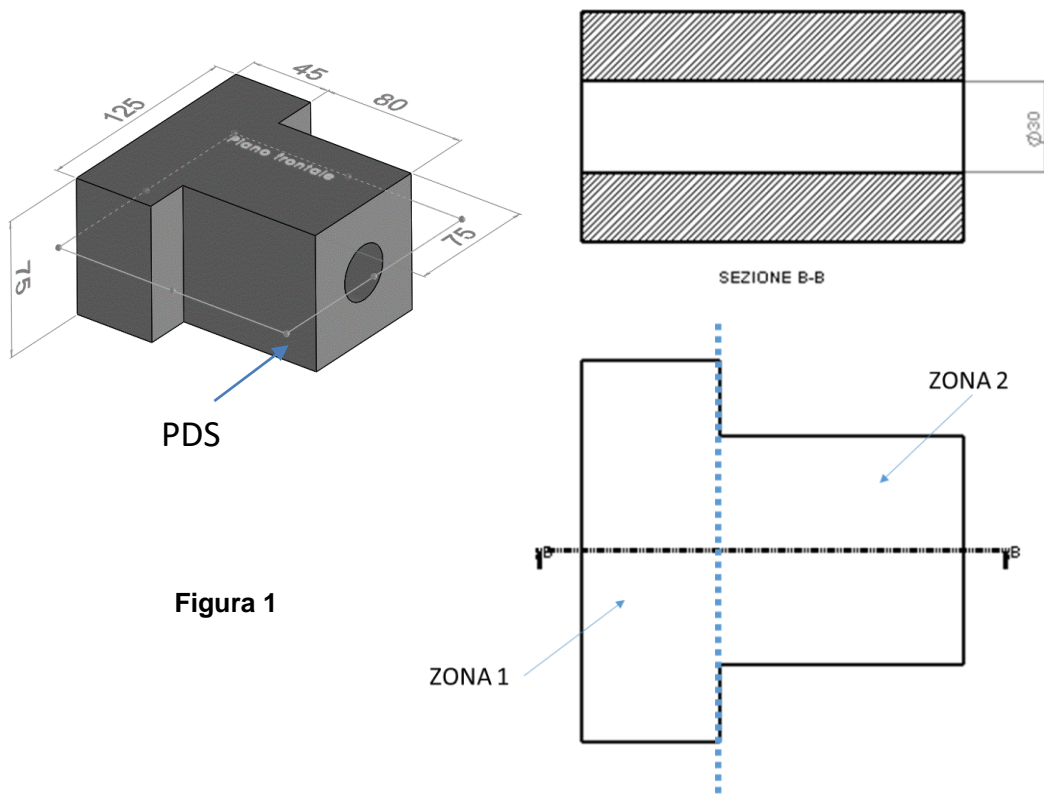
**Note:**

- Indicare sul foglio protocollo: Nome, Cognome, Matricola;
- Non è consentito utilizzare libri o dispense ad eccezione del formulario prestabilito;
- Riportare i risultati richiesti nella "scheda dei risultati"
- Non vi è interdipendenza tra le varie richieste degli esercizi pertanto la risoluzione deve essere adeguata a questa dichiarazione.

**QUESITO 1 (9 punti)**

Si consideri il modello in Fig. 1 per fonderia a verde (nel modello sono stati omessi raggi di raccordo, angoli di sforno e anima per il foro).

1. Calcolare i moduli termici del modello, scomponendolo in due zone (Zona 1 e Zona 2 come indicato in Fig. 1), ed indicare la direzione di solidificazione.
2. Si ipotizzi di poter utilizzare una sola materozza cilindrica per l'alimentazione del modello. Identificare altezza e diametro della materozza che verifichi Caine massimizzando l'efficienza. Si trascurino i risultati al punto precedente ipotizzando: (i) di porre la materozza a contatto con la zona 1 avente un modulo termico pari a  $M_1=10$  mm, (ii) un volume del pezzo pari a  $V_p=0.0008$  m<sup>3</sup>.
3. Ipotizzando un'altezza di materozza a cielo aperto e collare pari a  $H_{cm}=55$  mm dalla superficie superiore del pezzo, un volume totale del modello pari a  $V_{m\_tot}=0.00085$  m<sup>3</sup> e un volume del modello nella parte inferiore dello stampo pari a  $V_{m\_sotto}=0.0004$  m<sup>3</sup>, determinare la velocità d'efflusso all'attacco e il tempo di riempimento per un sistema di colata in piano.

**Figura 1****Dati**

- Coefficienti Caine:  $a = 0.1$ ,  $b = 0.03$ ,  $c = 1$
- Modulo termico della materozza disponibile a magazzino:  $M = 14$  mm
- Sistema di colata: sezione totale minima degli attacchi  $A_A=1$  cm<sup>2</sup>, perdite di carico  $c=0.9$

## QUESITO 2 (11 punti)

Si consideri la laminazione a freddo di un nastro di acciaio ( $\sigma=640\epsilon^{0.15}$ ) mediante un laminatoio multicilindro composto da due gabbie di laminazione. Il nastro ha una larghezza di 70 mm e uno spessore iniziale di 1.2 mm. Si determini:

1. per la prima gabbia di laminazione, lo spessore del laminando nella sezione neutra e la massima riduzione di spessore per avere un imbocco naturale del nastro fra i rulli nella prima passata di laminazione;
2. per la prima gabbia di laminazione, il lavoro necessario alla laminazione ipotizzando una potenza pari a 2.8kW e una riduzione di spessore pari a 0.12mm;
3. la forza, la coppia e la potenza del laminatoio, data una riduzione di spessore per la prima gabbia sempre pari a 0.12mm.

### Dati

- Gabbia 1: Diametro dei rulli:  $D=200\text{mm}$ ; Coefficiente di attrito  $\mu$  pari a 0.15; lunghezza finale  $l_u=180\text{m}$ ; velocità periferica dei rulli  $v_c=3.3\text{m/s}$ ; velocità di ingresso del laminando  $v_e=3.1\text{m/s}$
- Gabbia 2; Diametro dei rulli:  $D=160\text{mm}$ ; Coefficiente di attrito  $\mu$  pari a 0.15; altezza di uscita del laminato  $h_u=0.97\text{mm}$ ; velocità periferica dei rulli  $v_c=3.6\text{m/s}$

## QUESITO 3 (10 punti)

Si consideri una lavorazione di tornitura tra punta e contropunta di una barra cilindrica avente diametro iniziale pari a 30 mm e diametro finale pari a 28 mm. Tale barra verrà successivamente troncata al fine di ottenere dei cilindri di lunghezza pari a 30 mm.

1. Calcolare la velocità di taglio massima nell'ipotesi di eseguire la lavorazione in una sola passata sapendo che la rugosità media richiesta è pari a  $1.4\mu\text{m}$  (raggio di punta dell'utensile 0.4mm).
2. Calcolare la potenza macchina richiesta e il tempo di lavorazione per eseguire il processo in due passate di medesima profondità. Si consideri: un avanzamento pari a 0.30mm/giro e un numero di giri pari a 1200giri/min per entrambe le passate; una lunghezza della barra cilindrica pari a 100mm. Si trascurino i tempi di ritorno e di extracorsa.
3. Calcolare il numero di taglienti necessari per realizzare 50 barre cilindriche sapendo che la velocità di taglio è pari a 60m/min, il tempo di lavorazione di una barra è pari a 0.8min e l'inserto non può essere sostituito durante la lavorazione della barra.
4. Valutare il numero di massimo di cilindri ottenibili da una barra cilindrica al fine di rispettare il vincolo di freccia massima pari a 0.01mm. Si supponga una forza di taglio pari a 400N e una lunghezza di troncatura trascurabile.

### Dati

- Angolo di registrazione primario  $35^\circ$
- $K_{c,0.4}=2100\text{MPa}$ ,  $X=0.16$
- Potenza macchina disponibile: 8kW
- Rendimento: 85%
- Taylor:  $C=70$ ;  $n=0.122$ .
- $E=206000\text{MPa}$

# SOLUZIONE

## QUESITO 1

1)

Per determinare la direzione di solidificazione è necessario calcolare i moduli termici delle parti che compongono il pezzo.

$$V_1 = (125 * 45 * 75) - \frac{\pi}{4} (30^2) 45 = 390066 \text{ mm}^3$$

$$S_1 = 75 * 125 + 75 * 45 * 2 + 45 * 125 * 2 + (125 - 75) * 75 + \pi 30 * 45 - \pi (30 / 2)^2 = 34659 \text{ mm}^2$$

$$M_1 = \frac{V_1}{S_1} = 11.25 \text{ mm}$$

$$V_2 = 80 * 75 * 75 - \pi (30 / 2)^2 * 80 = 393451 \text{ mm}^3$$

$$A_2 = 80 * 75 * 2 + 80 * 75 * 2 + 75 * 75 - \pi (30 / 2)^2 + \pi 30 * 80 = 36458 \text{ mm}^2$$

$$M_2 = \frac{V_2}{A_2} = 10.79 \text{ mm}$$

La zona 1 solidificherà per ultima. La direzione di solidificazione è: 2->1.

2)

Il rapporto tra i moduli termici X vale

$$X = \frac{M_M}{M_P} = \frac{14}{10} = 1.4$$

Y di Caine è quindi pari a:

$$Y_C = \frac{a}{X - c} + b = \frac{0.1}{1.4 - 1} + 0.03 = 0.28$$

Per delta pari a 0.5 si ha la massima resa della materozza. Si verifica quindi che per delta pari a 0.5 la condizione di Caine sia verificata.

$$Y = \frac{\pi M_1^3 (4\delta + 1)^3}{4 V_{pezzo} \delta^2} X^3 = \frac{\pi 10^3}{4 * 0.0008 * 10^9} \frac{(4 * 0.5 + 1)^3}{0.5^2} 1.4^3 = 0.29$$

Poiché  $Y_C < Y$  la condizione di Caine è verificata.

Il diametro e l'altezza della materozza risultano pertanto:

$$V_m = y \cdot V_{pezzo} = 0.29 * 0.0008 * 10^9 = 232754.3 \text{ mm}^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_m}{\pi\delta}} = \sqrt[3]{\frac{4 * 232754.3}{\pi * 0.5}} = 84 \text{ mm}$$

$$H = \delta D = 0.5 * 84 = 42 \text{ mm}$$

3)

La velocità risulta pari a:

$$H_{sorgente} = \left( \frac{\sqrt{h_i} + \sqrt{h_i - b}}{2} \right)^2 = \left( \frac{\sqrt{H_{cm} + 75/2} + 0}{2} \right)^2 = 23mm$$

$$r' = \frac{Vm_{sotto}}{Vm_{tot}} = \frac{0.0004}{0.00085} = 0.47$$

$$r'' = 1 - r' = 0.53$$

$$H_{piano} = \left( \frac{1}{\frac{r'}{\sqrt{h_i}} + \frac{r''}{\sqrt{H_{sorgente}}}} \right)^2 = \left( \frac{1}{\frac{0.47}{\sqrt{H_{cm} + 75/2}} + \frac{0.53}{\sqrt{23}}} \right)^2 = 39.5mm$$

$$v = c \sqrt{2gH_{piano}} = 0.9 \sqrt{2 * 9.81 * 39.5 / 10^3} = 0.79m/s$$

$$T_{mf} = \frac{V_{m_{tot}}}{A_A v} = \frac{0.00085}{10^{-4} * 0.79} = 10.72s$$

## QUESITO 2

1)

La massima riduzione di altezza possibile al fine di rispettare la condizione di imbocco è pari a:

$$\Delta h = \mu^2 R = 0.15^2 * 100 = 2.25mm$$

L'altezza della sezione neutra è:

$$h_n = \frac{h_e v_e}{v_n} = \frac{h_e v_e}{v_c} = 1.127mm$$

2)

$$h_u = h_e - \Delta h = 1.2 - 0.12 = 1.08mm$$

$$l_e = \frac{h_u l_u}{h_e} = \frac{1.08 * 180}{1.2} = 162m$$

$$l_m = \frac{l_e + l_u}{2} = 171m$$

$$t_{lam} = \frac{l_m}{v_c} = 51.8s$$

$$W = P * t_{lam} = 145kJ$$

3)

Prima gabbia

$$h_{u1} = h_{e1} - \Delta h_1 = 1.2 - 0.12 = 1.08mm$$

$$\varepsilon_1 = \ln \left( \frac{h_{e1}}{h_{u1}} \right) = 0.105$$

—

$$Y_{f1} = \frac{k \varepsilon_1^n}{n+1} = 397.08MPa$$

$$L_1 = \sqrt{\Delta h_1 * R_1} = 3.46mm$$

$$h_{m1} = \frac{h_{e1} + h_{u1}}{2} = 1.14mm$$

$$p_{av1} = \frac{2}{\sqrt{3}} Y_{f1} \left( 1 + \frac{\mu_1 L_1}{2h_{m1}} \right) = 563.01MPa$$

$$F_{v1} = p_{av1} b L_1 = 136522.9N$$

$$M_1 = F_{v1} \frac{L_1}{2} = 236.46Nm$$

$$\omega_1 = \frac{v_{c1}}{R} = 33rad/s$$

$$P_1 = M_1 w_1 = 15.60 \text{ kW}$$

Seconda gabbia

$$h_{e2} = h_{u1} = 1.08 \text{ mm}$$

$\varepsilon_2 = \ln \left( \frac{h_{e2}}{h_{u2}} \right) = 0.107$	$\varepsilon_2 = \ln \left( \frac{h_{e1}}{h_{u2}} \right) = 0.212$
$Y_{f2} = \frac{k \varepsilon_2^n}{n+1} = 398.24 \text{ MPa}$	$Y_{f2} = \left( \frac{k \varepsilon_2^{n+1}}{n+1} - \frac{k \varepsilon_1^{n+1}}{n+1} \right) \frac{1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = 484.54 \text{ MPa}$

$$L_2 = \sqrt{\Delta h_2 * R_2} = 2.99 \text{ mm}$$

$$h_{m2} = \frac{h_{e2} + h_{u2}}{2} = 1.025 \text{ mm}$$

$p_{av2} = \frac{2}{\sqrt{3}} Y_{f2} \left( 1 + \frac{\mu_2 L_2}{2 h_{m2}} \right) = 559.66 \text{ MPa}$	$p_{av2} = \frac{2}{\sqrt{3}} Y_{f2} \left( 1 + \frac{\mu_2 L_2}{2 h_{m2}} \right) = 680.94 \text{ MPa}$
$F_{v2} = p_{av2} b L_2 = 116215.9 \text{ N}$	$F_{v2} = p_{av2} b L_2 = 141400.9 \text{ N}$
$M_2 = F_{v2} \frac{L_2}{2} = 172.37 \text{ Nm}$	$M_2 = F_{v2} \frac{L_2}{2} = 209.73 \text{ Nm}$

$$w_2 = \frac{v_{e2}}{R} = 45 \text{ rad / s}$$

$P_2 = M_2 w_2 = 15.51 \text{ kW}$	$P_2 = M_2 w_2 = 18.87 \text{ kW}$
$P_{TOT} = P_1 + P_2 = 31.12 \text{ kW}$	$P_{TOT} = P_1 + P_2 = 34.48 \text{ kW}$

### QUESITO 3

1)

Poiché la lavorazione è eseguita in una sola passata,  $a_p = 1 \text{ mm}$

L'avanzamento viene calcolato sulla base delle rugosità finale richiesta:

$$f = \sqrt{\frac{32 * r_\varepsilon * R_a}{1000}} = \sqrt{\frac{32 * 0.4 * 1.4}{1000}} = 0.13 \text{ mm / giro}$$

La forza di taglio può pertanto essere calcolata come:

$$k_c = \frac{k_{c,0.4} * 0.4^x}{f^x} \left( \frac{1}{\text{sen} \kappa_{re}} \right)^x = \frac{2100 * 0.4^{0.16}}{0.13^{0.16}} \left( \frac{1}{\text{sen} 35} \right)^{0.16} = 2734.7 \text{ MPa}$$

$$F_c = k_c * f * a_p = 2734.7 * 0.13 * 1 = 366.08 \text{ N}$$

La velocità massima è ottenibile sfruttando il vincolo sulla potenza

$$v_c \leq \frac{P_a * \eta * 1000 * 60}{F_c} = \frac{8000 * 0.85 * 60}{366.08} = 1114.51 \text{ m / min}$$

2)

La profondità di passata e la forza di taglio sono pari per entrambe le passate a:

$$a_p = 0.5 \text{ mm}$$

$$k_c = \frac{k_{c,0.4} * 0.4^x}{f^x} \left( \frac{1}{\text{sen} \kappa_{re}} \right)^x = \frac{2100 * 0.4^{0.16}}{0.3^{0.16}} \left( \frac{1}{\text{sen} 35} \right)^{0.16} = 2403.45 \text{ MPa}$$

$$F_c = k_c * f * a_p = 2403.45 * 0.3 * 0.5 = 360.52 \text{ N}$$

Al contrario, la velocità di taglio, la potenza di taglio e la potenza macchina variano per la prima e la seconda passata:

#### PASSATA 1

$$v_{c1} = n * \pi * D_{0,1} = 1200 * \pi * 30 / 1000 = 113.1 \text{ m/min}$$

$$P_{a1} = \frac{P_{c1}}{\eta} = \frac{F_c * v_{c1}}{\eta * 1000 * 60} = \frac{360.52 * 113.10}{0.85 * 1000 * 60} = 0.799 \text{ kW}$$

#### PASSATA 2

$$v_{c2} = n * \pi * D_{0,2} = 1200 * \pi * 29 / 1000 = 109.33 \text{ m/min}$$

$$P_{a2} = \frac{P_{c2}}{\eta} = \frac{F_c * v_{c2}}{\eta * 1000 * 60} = \frac{360.52 * 109.33}{0.85 * 1000 * 60} = 0.773 \text{ kW}$$

Il tempo di lavorazione, trascurando i tempi di ritorni e di extracorsa, è pari a:

$$T_m = 2 \frac{L_{barra}}{n * f} = 2 \frac{100}{1200 * 0.3} = 0.56 \text{ min}$$

**3)**

La durata di un utensile è data da:

$$T = \left( \frac{C}{v_c} \right)^{1/n} = \left( \frac{70}{60} \right)^{1/0.122} = 3.54 \text{ min}$$

Il numero di pezzi realizzabili con un inserto è pari a:

$$N_{barre\_inserto} = \frac{T}{T_m} = \frac{3.54}{0.8} = 4.42 \rightarrow 4$$

Il numero di taglienti necessario per eseguire 50 barre cilindriche è:

$$N_{taglienti} = \frac{N_{barre}}{N_{barre\_inserto}} = \frac{50}{4} = 12.5 \rightarrow 13$$

**4)**

La lunghezza massima è pari a

$$J = \frac{\pi D_0^4}{64} = 39760.78 \text{ mm}^4$$

$$L_{barra} = \sqrt[3]{\frac{d * 48 * E * J}{F_c}} = 214.21 \text{ mm}$$

$$N_{cilindri\_barra} = \frac{L_{max}}{L_{cilindro}} = \frac{214.21}{30} = 7.14 \rightarrow 7$$