

Matricola	Cognome	Nome

Note:

- Indicare sulla prima facciata di ogni foglio protocollo e sulla "scheda dei risultati": Nome, Cognome, Matricola.
- Non è consentito utilizzare libri o dispense ad eccezione del formulario.
- Riportare i risultati richiesti nella "scheda dei risultati".
- Nel caso di dubbi, fare le ipotesi necessarie per la soluzione e riportarle dietro la scheda dei risultati.

QUESITO 1 (10 punti)

Si deve realizzare il componente in Fig. 1 in ghisa con un processo di colata in terra.

A) Calcolare i moduli termici delle zone A, B e C come indicate, e identificare la direzione di solidificazione.

B) Per l'alimentazione del getto si devono utilizzare due materozze identiche posizionate sulle zone B e C. A magazzino sono disponibili materozze cilindriche a cielo aperto con un rapporto di forma pari a 1.5. Considerare un volume totale del pezzo pari a 0.00065 m^3 e modulo termico delle zone dove saranno posizionate le materozze pari a 11 mm. Indicare quale rapporto Mm/Mp può essere adottato fra 1.1 e 1.3 ($a=0.1$, $b=0.05$, $c=1.05$).

C) Considerare un volume totale del pezzo pari a 0.00065 m^3 di cui 55% corrisponde alla zona A senza il sistema di alimentazione. A vostra disposizione avete due semistaffe con altezza di 100 mm. Calcolare in un sistema di colata pressurizzato ($c=0.6$) la velocità di efflusso considerando i due piani di separazione (PDS1 e PDS2) come da Figura 1.

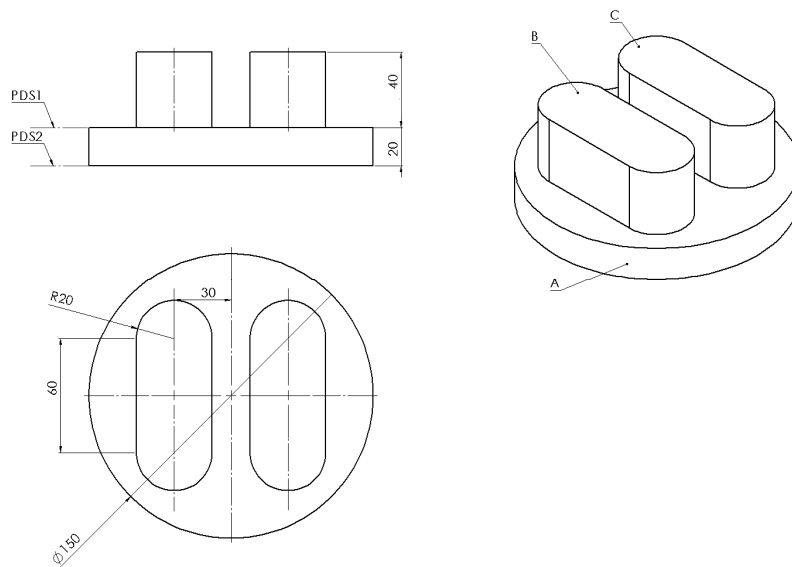


Figura 1. Componente da realizzare tramite la colata in terra

QUESITO 2 (10 punti)

Il componente in Figura 2 deve essere realizzato tramite un ciclo produttivo composto dai processi di deformazione plastica. Il semilavorato di partenza è una lamiera in acciaio inossidabile con $h_e=4 \text{ mm}$, $b_e=300 \text{ mm}$ e $l_e=2000 \text{ mm}$. Le proprietà del materiale sono riportate in Tabella 1.

A) Al primo passaggio si rende necessario ridurre lo spessore della lamiera sino a $h=2.5 \text{ mm}$ tramite laminazione a 900°C utilizzando rulli con 100 mm di diametro. Calcolare la minima forza di laminazione su un singolo rullo che consente di generare l'imbocco e quindi la fattibilità del processo (determinata dalle minime condizioni di attrito).

B) Per arrivare allo spessore finale della lamiera, la lamiera ottenuta nel punto A viene laminata a freddo con rulli da 50 mm di diametro ad una velocità periferica di 1.5 m/s. Calcolare la forza di laminazione applicata su un singolo rullo e il tempo di laminazione. Si ipotizzi un coefficiente di attrito pari a 0.15.

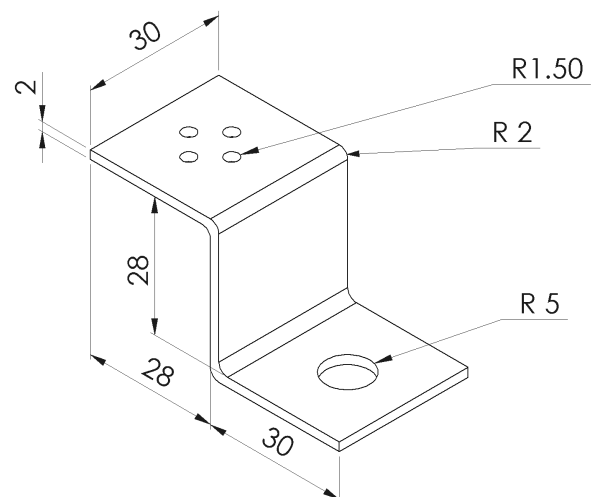


Figura 2. Componente da realizzare tramite i processi di deformazione

C) La lamina ottenuta al punto B sarà tranciata e piegata per ottenere la forma finale. Calcolare la larghezza della lamiera da tranciare per mantenere le dimensioni dopo la piegatura. $K_{ba} = \begin{cases} 0.33 & \text{se } R < 2t \\ 0.5 & \text{se } R \geq 2t \end{cases}$

D) Il componente sarà tranciato in uno stampo progressivo composto da due stazioni dove vengono eseguite le fasi di punzonatura e tranciatura di un singolo componente. Supponendo che la larghezza della lastra da tranciare sia 90 mm, calcolare la forza massima che deve fornire la pressa idraulica.

Tabella 1. Le proprietà meccaniche dell'acciaio inossidabile

K	n	Y_f a 900°C	R_m
1275 MPa	0.45	200 MPa	800 MPa

QUESITO 3 (10 punti)

Si deve realizzare il componente illustrato in Figura 3. Bisogna eseguire una serie di lavorazioni su un blocco di sezione quadrata (54x54 mm²) in acciaio di lunghezza pari a 38 mm. Si effettua un'operazione di fresatura per spianare il blocco, una di foratura per realizzare il foro centrale con un diametro ridotto e una di tornitura interna per allargare il foro sino a raggiungere il diametro finale.

- Calcolare la forza di taglio totale nell'operazione di spianatura utilizzando una fresa con diametro pari a 90 mm e 10 taglienti ($f_z = 0.25 \text{ mm}/(\text{giro} \cdot \text{dente})$, $k_{cs} = 850 \text{ MPa}$, $\chi = 0.25$, $\kappa_{re} = 60^\circ$, $v_c = 90 \text{ m/min}$). Si consideri una sporgenza nel tratto in ingresso pari a $0.1D$ e una sporgenza nel tratto in uscita $0.3D$.
- Il blocco spianato al punto A) deve essere forato per ottenere il pre-foro. Determinare la forza di foratura per realizzare il pre-foro passante lungo l'asse del blocco con diametro 20 mm. Si utilizza una punta elicoidale con $k_{cs} = 950 \text{ MPa}$, $\chi = 0.29$, $\epsilon = 130^\circ$, $f = 0.3 \text{ mm/giro}$, $v_c = 110 \text{ m/min}$.
- Il foro ottenuto al punto B) deve essere allargato per ottenere il diametro finale tramite tornitura interna con una singola passata. Calcolate l'avanzamento che massimizza la produttività considerando che il tornio a vostra disposizione ha una potenza di targa di 5 kW con un rendimento di 80% ($k_{c0.4} = 1050 \text{ MPa}$, $\chi = 0.20$, $\kappa_{re} = 45^\circ$, $v_c = 140 \text{ m/min}$).
- Calcolare il tempo lavorazione di per ognuna delle lavorazioni. Si considerino 2 mm di extracorsa in ingresso e in uscita in ogni fase. Nella fase di fresatura si ipotizzi che il centro fresa sia posizionato in corrispondenza dell'asse del pezzo. Nella fase di tornitura si consideri $f = 0.2 \text{ mm/giro}$.

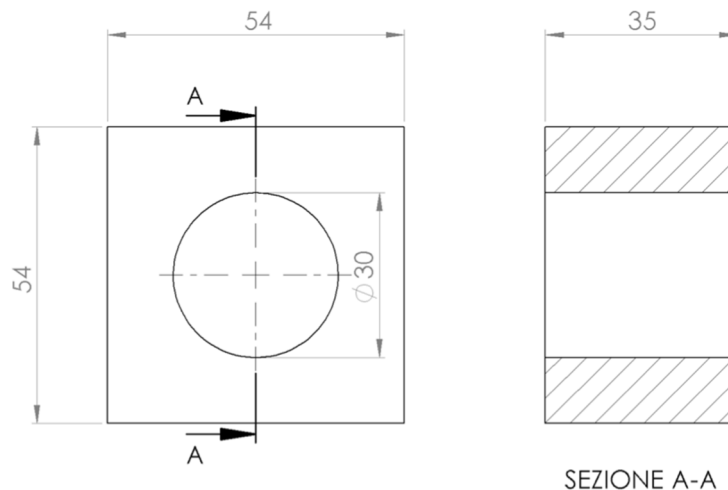


Figura 3. Componente da produrre tramite un ciclo produttivo di fresatura, foratura e tornitura.

SOLUZIONE

QUESITO 1

A)

$$V_A = \pi * 75^2 * 20 = 353429 \text{ mm}^3$$

$$S_A = 2 * \pi * 75 * 20 + 2 * \pi * 75^2 - 2 * (\pi * 20^2 + 2 * 20 * 60) = 37454 \text{ mm}^2$$

$$M_A = \frac{V_A}{S_A} = 9.4 \text{ mm}$$

$$V_B = V_C = (\pi * 20^2 + 20 * 60 * 2) * 40 = 146265 \text{ mm}^3$$

$$S_B = S_C = 2 * \pi * 20 * 40 + 60 * 40 * 2 + \pi * 20^2 + 20 * 60 * 2 = 13483 \text{ mm}^2$$

$$M_B = M_C = \frac{V_B}{S_B} = 10.8 \text{ mm}$$

La direzione di solidificazione è B<-A->C.

B)

$$y_{Caine} = \frac{a}{x - c} + b = \frac{0.1}{x - 1.05} + 0.05$$

$$y = \frac{\pi M_p^3 (4\delta + 1)^3}{4 V_p \delta^2} x^3 = \frac{\pi 11^3}{4 650000/2} \frac{(4 * 1.5 + 1)^3}{1.5^2} x^3$$

$$y_{Caine}(x = 1.1) = 2.05$$

$$y_{Caine}(x = 1.3) = 0.45$$

$$y(x = 1.1) = 0.65$$

$$y(x = 1.3) = 1.07$$

L'unica soluzione dove $y_{Caine} \leq y$ è con $x=1.3$.

C)

Colata in piano

$$\sqrt{H_{piano}} = \frac{1}{\left(\frac{r'}{\sqrt{H_{gravità}}} + \frac{r''}{\sqrt{H_{sorgente}}} \right)}$$

$$H_{gravità} = 100 \text{ mm}$$

$$H_{sorgente} = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{(h_1 - b)}}{2} \right)^2 = \left(\frac{\sqrt{100} + \sqrt{(100 - 40)}}{2} \right)^2 = 78.7 \text{ mm}$$

$$H_{piano} = \frac{1}{\left(\frac{0.45}{\sqrt{100}} + \frac{0.55}{\sqrt{78.7}} \right)^2} = 89.5 \text{ mm}$$

$$v_2 = 0.6 \sqrt{2 * 9.81 * 0.0895} = 0.79 \text{ m/s}$$

PDS2: Colata in sorgente

$$H_{sorgente} = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{(h_1 - b)}}{2} \right)^2 = \left(\frac{\sqrt{100} + \sqrt{(100 - 40 - 20)}}{2} \right)^2 = 66.6 \text{ mm}$$

$$v_2 = 0.6\sqrt{2} * 9.81 * 0.0666 = 0.69 \text{ m/s}$$

QUESITO 2

A)

Per calcolare la forza minima bisogna calcolare il coefficiente minimo di attrito che consente l'imbocco.

$$\Delta h = \mu^2 R$$

$$\mu = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}} = \sqrt{\frac{4 - 2.5}{\frac{100}{2}}} = 0.17$$

$$L = \sqrt{\Delta h R} = \sqrt{(4 - 2.5) \cdot 50} = 8.66 \text{ mm}$$

$$p_{av} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot Y_f \cdot \left(1 + \frac{\mu \cdot L}{2 \cdot h_m} \right) = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 200 \cdot \left(1 + \frac{0.17 \cdot 8.66}{2 \cdot \left(\frac{4 + 2.5}{2} \right)} \right) = 284.2 \text{ MPa}$$

$$F = p_{av} b L = 738 \text{ kN}$$

B)

B.1)

$$L = \sqrt{\Delta h R} = \sqrt{(2.5 - 2) \cdot 25} = 3.54 \text{ mm}$$

$$\bar{Y}_f = \frac{K \varepsilon^n}{n + 1} = \frac{1275 (\ln \frac{2.5}{2})^{0.45}}{0.45 + 1} = 447.7 \text{ MPa}$$

$$p_{av} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \bar{Y}_f \cdot \left(1 + \frac{\mu \cdot L}{2 \cdot h_m} \right) = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 447.4 \cdot \left(1 + \frac{0.15 \cdot 3.54}{2 \cdot \left(\frac{2 + 2.5}{2} \right)} \right) = 577.9 \text{ MPa}$$

$$F = p_{av} b L = 613 \text{ kN}$$

B.2)

$$h_e l_e b_e = h_u l_u b_u$$

$$b_e \cong b_u$$

$$l_{u,1} = \frac{h_{e,1} l_{e,1}}{h_{u,1}} = \frac{4 * 2000}{2.5} = 3200 \text{ mm}$$

$$l_{u,2} = \frac{h_{e,2} l_{e,2}}{h_{u,2}} = \frac{2.5 * 3200}{2} = 4000 \text{ mm}$$

$$t_{lam} = \frac{l_{med}}{v_c} = \frac{\frac{3200 + 4000}{2}}{1500} = 2.4 \text{ s}$$

C)

$$2t = 2 * 2 = 4 > 2 = R \Rightarrow K_{ba} = 0.33$$

$$A_b = 2\pi \frac{\alpha}{360} (R + K_{ba} t) = 2\pi \frac{90}{360} (2 + 0.33 * 2) = 4.18 \text{ mm}$$

$$l_1 = 30 - R - t = 30 - 2 - 2 = 26 \text{ mm}$$

$$l_2 = 28 - R - R = 28 - 2 - 2 = 24 \text{ mm}$$

$$l_3 = 28 - R = 28 - 2 = 26 \text{ mm}$$

$$l_{tot} = l_1 + l_2 + l_3 + 2A_b = 84.4 \text{ mm}$$

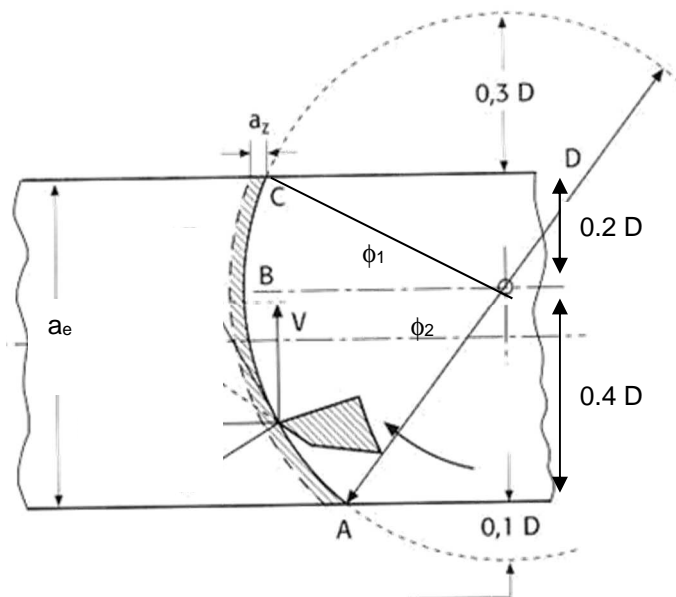
D)

$$l_{tot} = 90 * 2 + 30 * 2 + 1.5 * 2 * \pi * 4 + 2 * 5 * \pi = 309.1 \text{ mm}$$

$$F_{max} = l_{tot} t R_t = l_{tot} t R_m 0.8 = 396 \text{ kN}$$

QUESITO 3

A)



$$\phi_1 = \arcsin\left(\frac{L_1}{\frac{D}{2}}\right) = \arcsin\left(\frac{0.2D}{\frac{D}{2}}\right) = 0.41 \text{ rad}$$

$$\phi_2 = \arcsin\left(\frac{L_2}{\frac{D}{2}}\right) = \arcsin\left(\frac{0.4D}{\frac{D}{2}}\right) = 0.93 \text{ rad}$$

$$\phi_{tot} = \phi_1 + \phi_2 = 1.34 \text{ rad} = 76.7^\circ$$

$$z = \frac{\phi_{tot}}{\frac{2\pi}{Z}} = \frac{1.34}{\frac{2\pi}{10}} = 2.13 > 2 \text{ si può utilizzare l'approccio allo spessore medio}$$

$$h_m = \frac{2f_z a_e}{\phi D} \text{sen} \kappa_{re} = \frac{2 * 0.25 * 54}{1.34 * 90} \text{sen} 60^\circ = 0.194 \text{ mm}$$

$$A_D = a_p * \frac{h_m}{\text{sen} \kappa_{re}} = 3 * \frac{0.194}{\text{sen} 60^\circ} = 0.672 \text{ mm}^2$$

$$k_c = \frac{k_{cs}}{(h_m)^x} = \frac{850}{(0.194)^{0.25}} = 1281 \text{ MPa}$$

$$F_{c,tot} = z k_c A_D = 1834 \text{ N}$$

B)

$$A_D = \frac{D}{2} \cdot \frac{f}{2} = \frac{20}{2} * \frac{0.3}{2} = 1.5 \text{ mm}^2$$

$$k_c = \frac{k_{cs}}{\left(\frac{f}{2} \cdot \sin \frac{\varepsilon}{2}\right)^x} = \frac{950}{\left(\frac{0.3}{2} \cdot \sin \frac{130}{2}\right)^{0.29}} = 1695 \text{ MPa}$$

$$F_c = k_c A_D = 2542 \text{ N}$$

C)

$$F_{c,max} = \frac{P\eta}{v_c} = \frac{5000 * 0.8}{\frac{140}{60}} = 1714 \text{ N}$$

$$F_c = k_{c0,4} 0.4^x a_p f^{1-x} \left(\frac{1}{\text{sen} \kappa_{re}}\right)^x$$

$$f_{max} = {}^{1-x} \sqrt{\frac{F_{c,max}}{k_{c0,4} 0.4^x a_p \left(\frac{1}{\text{sen} \kappa_{re}}\right)^x}} = {}^{1-0.2} \sqrt{\frac{1714}{1050 * 0.4^{0.2} * 5 * \left(\frac{1}{\text{sen} 45}\right)^{0.2}}} = 0.285 \text{ mm/giro}$$

D)

D.1)

Fresatura

$$A = 0.5(D - \sqrt{D^2 - a_e^2}) = A = 0.5(90 - \sqrt{90^2 - 54^2}) = 9 \text{ mm}$$

$$n = \frac{v_c}{\pi D} = \frac{90}{\pi \cdot 0.090} = 318.3 \frac{\text{giri}}{\text{min}}$$

$$T_m = \frac{L + A + e_i + e_u}{nzf_z} = \frac{54 + 9 + 2 + 2}{318.3 * 10 * 0.25} = 0.084 \text{ min} = 5 \text{ s}$$

D.2)

Foratura

$$A = 0.5D \tan \left(90 - \frac{\varepsilon}{2}\right) = 0.5 * 20 * \tan \left(90 - \frac{130}{2}\right) = 4.66 \text{ mm}$$

$$n = \frac{v_c}{\pi D} = \frac{110}{\pi \cdot 0.020} = 1751 \frac{\text{giri}}{\text{min}}$$

$$T_m = \frac{L + A + e_i + e_u}{nf} = \frac{35 + 4.66 + 2 + 2}{1751 * 0.3} = 0.083 \text{ min} = 5 \text{ s}$$

D.3)

Tornitura

$$n = \frac{v_c}{\pi D} = \frac{140}{\pi \cdot 0.020} = 2228 \frac{\text{giri}}{\text{min}}$$

$$T_m = \frac{L + e_i + e_u}{nf} = \frac{35 + 2 + 2}{0.2 * 2228} = 0.087 \text{ min} = 5.3 \text{ s}$$