

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 (11 punti)**

Si deve realizzare il componente in Fig. 1 in acciaio da fusione con un processo di colata in terra.

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

B) Qualora il rapporto tra i moduli termici tra *A* e *B* fosse pari a 1.5, indicare se ciò aumenta il rischio di erosione della forma durante la colata.

C) Ipotizzando un volume totale del pezzo pari a  $0.00025 \text{ m}^3$  (con volume del sistema di alimentazione e colata pari a quello del pezzo), indicare quanti pezzi si riescono a produrre idealmente avendo a disposizione 300 Kg di materiale (densità  $7,86 \text{ Kg/dm}^3$ ).

D) Per l'alimentazione del getto si deve utilizzare una materozza posizionata sulla zona *A*. A magazzino sono disponibili materozze cilindriche a cielo aperto con un rapporto di forma pari a 1. Considerare un volume totale del pezzo pari a  $0.00025 \text{ m}^3$  e modulo termico della zona *A*, dove sarà posizionata la materozza, pari a  $M_A=9 \text{ mm}$ . Indicare quale rapporto  $M_m/M_p$  può essere adottato fra 1.2 e 1.4 ( $a=0.12$ ,  $b=0.03$ ,  $c=1$ ). Calcolare esplicitamente il rapporto  $\gamma_{caine}/\gamma$  nei due casi.

E) Considerare un volume totale del pezzo pari a  $0.00025 \text{ m}^3$  di cui 70% corrispondente alla zona *A* (trascurare il sistema di alimentazione). A vostra disposizione avete due semi-staffe con altezza di 80 mm. Calcolare il margine percentuale di sicurezza che avete sulla velocità di efflusso raggiunta nei condotti, affinché non si superi il limite di 1 m/s imposto dal progettista della forma (cioè di quanto potete aumentare percentualmente la velocità di efflusso affinché sia raggiunto il limite). Si consideri un sistema di colata in piano pressurizzato ( $c=0.5$ ) ed un piano di separazione posto tra *A* e *B* (Figura 1) con la parte *B* che giace nella semi-staffa inferiore.

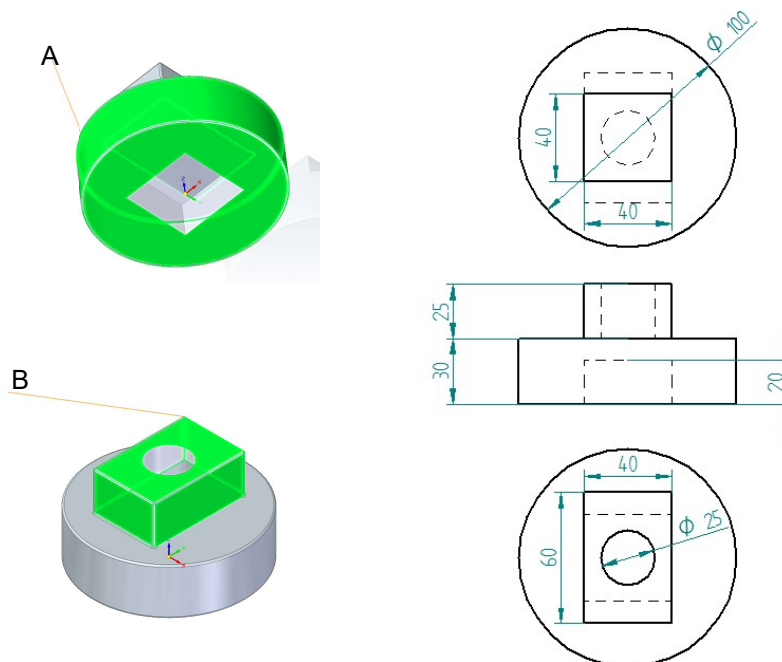


Figura 1. Componente da realizzare tramite la colata in terra

### QUESITO 2 (8 punti)

Considerando componenti in acciaio ( $R_m = 450$  MPa,  $Y = 280$  MPa,  $K = 330$  Mpa;  $n=0.15$ ):

- A) Calcolare la forza ed il lavoro ideale che si generano in un'estrusione diretta a caldo di una barra lunga 1.5 m, passando da  $D_0 = 6$  mm a  $D_f = 4$  mm (sezione circolare con  $D$  diametro della sezione).
- B) Per la barra che si ottiene al punto A), indicare la massima riduzione percentuale di area che sarebbe possibile raggiungere idealmente su una pressa con forza massima di 3.5 kN. Per tale valutazione si consideri un unico passaggio di estrusione inversa a caldo.
- C) Indicare il numero minimo di passaggi necessari per portare un filo di diametro 2 mm ad un diametro di 0.25 mm mediante trafilatura, supponendo di non avere vincoli di forza nel macchinario. Considerare un indice di incrudimento pari a 0.15.

### QUESITO 3 (11 punti)

Un'azienda realizza diverse operazioni al tornio, tra cui intestatura, tornitura longitudinale, filettatura interna, troncatura, su tubi in Acciaio C40 ( $k_{cs}=750$  MPa,  $x=0.21$ )

- A) Calcolare la forza di taglio nell'operazione di tornitura longitudinale interna su un tubo  $D_{est}=80$ mm,  $L_{tot}=100$  mm, spessore  $s_0=10$  mm per portarlo in una passata allo spessore di  $s_f=8$  mm per una lunghezza di  $L_f=50$  mm. Si utilizzi un'utensile con  $\kappa_{re}=110^\circ$  e  $\kappa'_{re}=30^\circ$ ,  $r_e=0.4$  mm. Si imposti un avanzamento  $f$  che spinga il tornio al massimo delle sue potenzialità ( $P_{max\ taglio}=15$  kW,  $V_{fmax}= 800$  mm/min) utilizzando  $v_c=100$  m/min.
- B) Si vuole valutare l'acquisto di un nuovo mandrino autocentrante a 5 griffe da montare sul tornio indicato nel punto A). Il sistema ha griffe con area singola di 20 mm<sup>2</sup> sviluppati un attrito pari a  $\mu=0.15$  (con  $P=100$  MPa di pressione). Valutare se il nuovo mandrino riesce a garantire l'operazione al punto A) supponendo che questa assorba 5 kW come potenza attiva di taglio.
- C) Si deve filettare internamente con passo 0.8 mm un tubo  $D_{est}= 80$  mm e  $s_0=8$  mm, per un tratto di  $L_f=50$  mm. Si calcoli il numero di pezzi totali che è possibile filettare a  $v_c= 50$  m/min e con un utensile avente costanti di Taylor  $C=100$ ,  $n=0.14$ .
- D) Calcolare la rugosità ottenibile nell'operazione di intestatura di un tubo  $D_{est}=150$  mm, spessore 60 mm. Si utilizzi lo stesso utensile del punto A) (attrezzato allo stesso modo in macchina) ad un avanzamento pari a  $f=0.11$  mm/giro.

# SOLUZIONE

## QUESITO 1

A)

$$V_A = \pi * 50^2 * 30 - 40 * 40 * 20 = 203619 \text{ mm}^3$$

$$S_A = 5454 + 9425 + 6254 + 1600 + 800 * 4 + 491 = 26424 \text{ mm}^2$$

$$M_A = \frac{V_A}{S_A} = 7.70 \text{ mm}$$

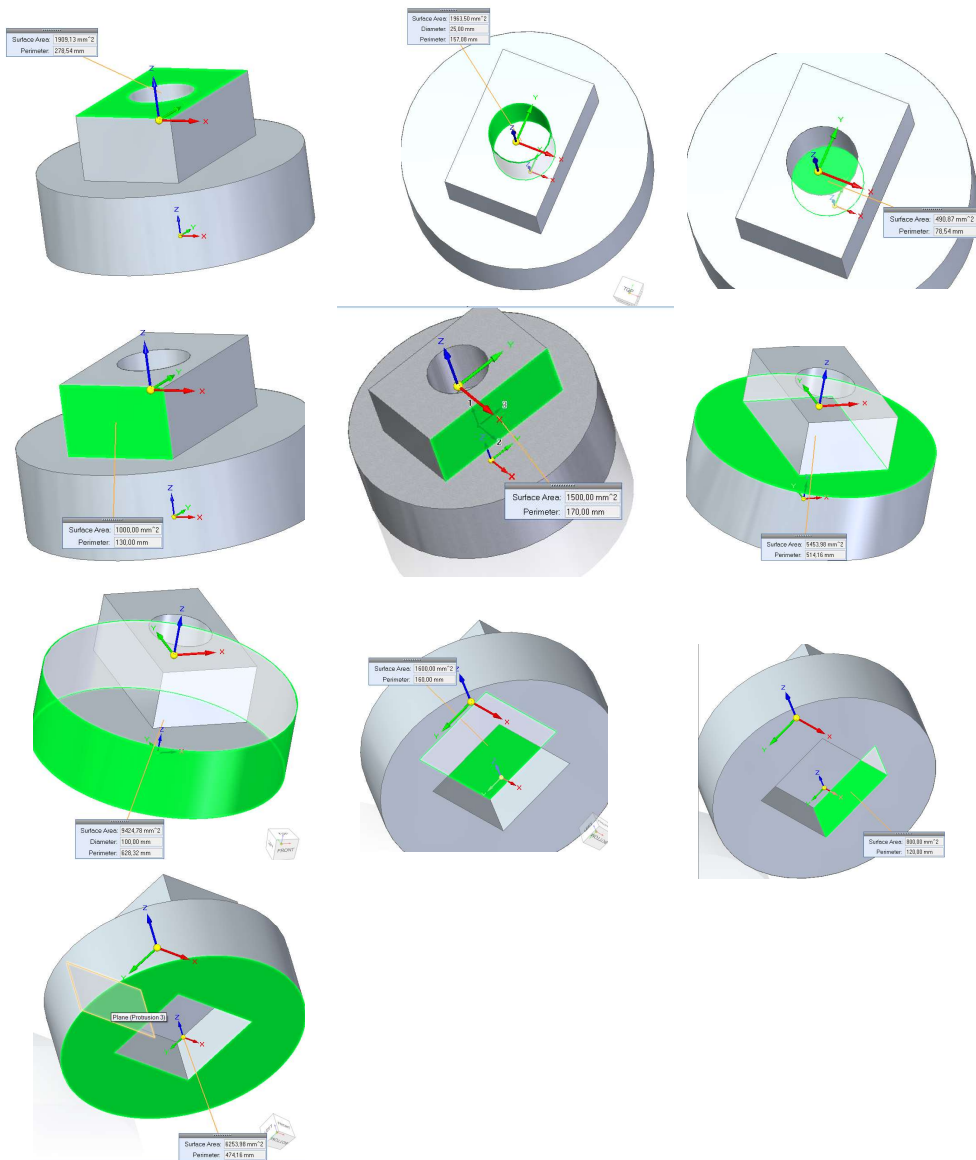
$$V_B = 1909 * 25 = 47725 \text{ mm}^3$$

$$S_B = 1909 + 2 * 1000 + 2 * 1500 + 1963 = 8872 \text{ mm}^2$$

$$M_B = M_C = \frac{V_B}{S_B} = 5.38 \text{ mm}$$

La direzione di solidificazione è B->A.

Rapporto tra i moduli termici MA/MB=1.43 troppo alto



B)

La risposta è NO. Il rischio di erosione della forma è legato alla velocità di efflusso della vena fluida. D'altro canto avere moduli termici molto differenti ( $MA/MB > 1.35$ ) aumenta il rischio di sviluppare tensioni residue al termine del raffreddamento.

C)

Volume totale colata =  $V_{pezzo} + V_{alimentazione} + V_{colata} = 2 * V_{pezzo} = 250000 * 2 = 500000 \text{ mm}^3$

Peso totale colata =  $500000 * 1e-9 * 7860 \text{ kg/m}^3 = 3.93 \text{ Kg}$

Numero di pezzi =  $300 \text{ Kg} / 3.93 \text{ Kg} = 76.34 \rightarrow 76$  pezzi totali

D)

$$y_{caine} = \frac{a}{x-c} + b = \frac{0.12}{x-1} + 0.03 =$$

$$y = \frac{\pi M_p^3 (4\delta + 1)^3}{4 V_p \delta^2} x^3 = \frac{\pi 9^3 (4 * 1 + 1)^3}{4 * 250000 * 1^2} x^3$$

$$y_{caine}(x = 1.2) = 0.63$$

$$y_{caine}(x = 1.4) = 0.33$$

$$y(x = 1.2) = 0.2863 * 1.2 = 0.495$$

$$y(x = 1.4) = 0.2863 * 1.4 = 0.786$$

$$y_{caine}/y(x = 1.2) = 1.27$$

$$y_{caine}/y(x = 1.4) = 0.42$$

L'unica soluzione dove  $y_{caine} \leq y$  è con  $x = 1.4$ .

E)

Colata in piano

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

$$H_{gravità} = 80 \text{ mm}$$

$$H_{sorgente} = \left( \frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{(h_1 - b)}}{2} \right)^2 = \left( \frac{\sqrt{80} + \sqrt{(80 - 30)}}{2} \right)^2 = 64.12 \text{ mm}$$

$$H_{piano} = \frac{1}{\left( \frac{0.3}{\sqrt{80}} + \frac{0.7}{\sqrt{64.12}} \right)^2} = 68.35 \text{ mm}$$

$$v_2 = 0.5 \sqrt{2 * 9.81 * 0.06835} = 0.579 \frac{m}{s}$$

$$\Delta v_{\%} = \frac{v_{lim} - v_2}{v_2} * 100 = 72.7\%$$

La velocità di efflusso può essere aumentata del 72.7% affinché il limite di 1 m/s venga raggiunto.

## QUESITO 2

A)

Rapporto di Estrusione e Deformazione

$$r_x = \frac{A_0}{A_f} = \frac{\pi 3^2}{\pi 2^2} = 2.25$$

$$\varepsilon_x = \ln(r_x) = 0.811$$

Essendo una lavorazione a caldo:

$$\bar{Y}_f = Y = 280 \text{ MPa}$$

$$p = Y_f \varepsilon_x = 227 \text{ MPa}$$

$$F = p A_0 = 227 * 28.27 = 6420 \text{ N}$$

$$E = F \cdot L = 9630 \text{ J}$$

B)

$$A_0 = L_0 = \pi 2^2 = 12.56 \text{ mm}^2$$

$$\varepsilon_x = F / (Y_f A_0) \quad \text{e} \quad A_f = \frac{A_0}{e^{F / (Y_f A_0)}} = \frac{12.56}{e^{3.5 \cdot 227 / (280 \cdot 12.56)}} = 4.654 \text{ mm}^2$$

Riduzione percentuale

$$\Delta A \% = \frac{A_0 - A_f}{A_0} * 100 = 63.1\%$$

C)

È necessario raggiungere:

$$\frac{A_0}{A_f} = \frac{1}{1-r} = \frac{D_0^2}{D_f^2} = \frac{2^2}{0.25^2} = 64$$

Laddove il massimo possibile è:

$$\frac{A_0}{A_f} = \frac{1}{1-r_{\max}} = e^{n+1} = 3.158$$

Quindi:

$$\frac{A_0}{A_i} = (e^{n+1})^i ; \quad i = \frac{\ln\left(\frac{A_0}{A_f}\right)}{\ln(e^{n+1})} = \frac{\ln(64)}{\ln(3.158)} = 3.62 \rightarrow 4 \text{ passaggi}$$

### QUESITO 3

A)

Per portare il tubo ad uno spessore di 8 mm, partendo da spessore 10 mm, serve una  $a_p=2$  mm;  
Si lavora quindi con  $v_c=100$  m/min su un diametro iniziale pari a  $80-(10 \cdot 2)=60$  mm e quindi la velocità di rotazione  $n$  è pari a:

$$n=1000 \cdot v_c / (\pi \cdot D_0) = 1000 \cdot 100 / (\pi \cdot 60) = 530 \text{ rpm}$$

L'avanzamento deve sottostare a due vincoli:

1) potenza massima  $P_{max}$

$$F_{c,max} = \frac{P}{v_c} = \frac{15000}{\frac{100}{60}} = 9000 \text{ N}$$

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

$$f_{max} = \sqrt[1-x]{\frac{F_{c,max}}{k_{cs} a_p \left( \frac{1}{\text{sen} \kappa_{re}} \right)^x}} = \sqrt[1-0.21]{\frac{9000}{750 \cdot 2 \cdot \left( \frac{1}{\text{sen} 110} \right)^{0.21}}} = 9.50 \text{ mm/giro}$$

2) velocità massima longitudinale  $V_{fmax}$  carro portautensile

$$V_{fmax} = f_{max} \cdot n \rightarrow f_{max} = V_{fmax} / n = 800 \text{ mm/min} / 530 \text{ giri/min} = 1.51 \text{ mm/giro}$$

per tanto l'avanzamento potrà essere impostato al massimo a  $f=1.51$  mm/giro, generando una forza di taglio pari a:

$$F_c = k_{cs} a_p f^{1-x} \left( \frac{1}{\text{sen} \kappa_{re}} \right)^x = 750 \cdot 2 \cdot (1.51)^{1-0.21} \cdot \left( \frac{1}{0.939} \right)^{0.21} = 2104 \text{ N}$$

B)

$$\text{Momento di taglio: } M_c = F_c D / 2$$

$$\text{Momento resistente: } M_r = z \mu p A D^* / 2$$

$$M_c = F_c D / 2 = P / v_c \cdot D / 2 = 5e3 / (100/60) \cdot 64 / 2 / 1000 = 96 \text{ Nm}$$

$$M_r = 5 \cdot 0.15 \cdot 100 \cdot 20 \cdot 80 / 2 / 1000 = 60 \text{ Nm}$$

Quindi il mandrino autocentrante con la pressione indicata non è adatto.

C)

Il numero di giri vale:

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot D} = \frac{50}{\pi \cdot (64 \cdot 10^{-3})} = 249 \text{ giri/min}$$

L'avanzamento al giro è pari al passo della filettatura:

$$f = 0.8 \text{ mm/giro}$$

Il tempo richiesto per una filettatura è:

$$T_m = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{50}{0.8 \cdot 249} = 0.251 \text{ min} = 15.06 \text{ s}$$

La durata dell'utensile è:

$$T = \left( \frac{C}{v_c} \right)^{\frac{1}{n}} = \left( \frac{100}{50} \right)^{\frac{1}{0.14}} = 141.3 \text{ min} = 8479s$$

Quindi si riescono a produrre:

$$N = \frac{T}{T_m} = \frac{8479}{15.06} = 563.04 \rightarrow 563 \text{ pezzi}$$

D)

Per Schmaltz:

$$R_t \approx \frac{f^2}{8 \cdot r_\varepsilon} 10^3 (\mu\text{m}) \rightarrow Ra = 0.11^2 / (32 \cdot 0.4) \cdot 1000 = 0.945 \mu\text{m}$$