

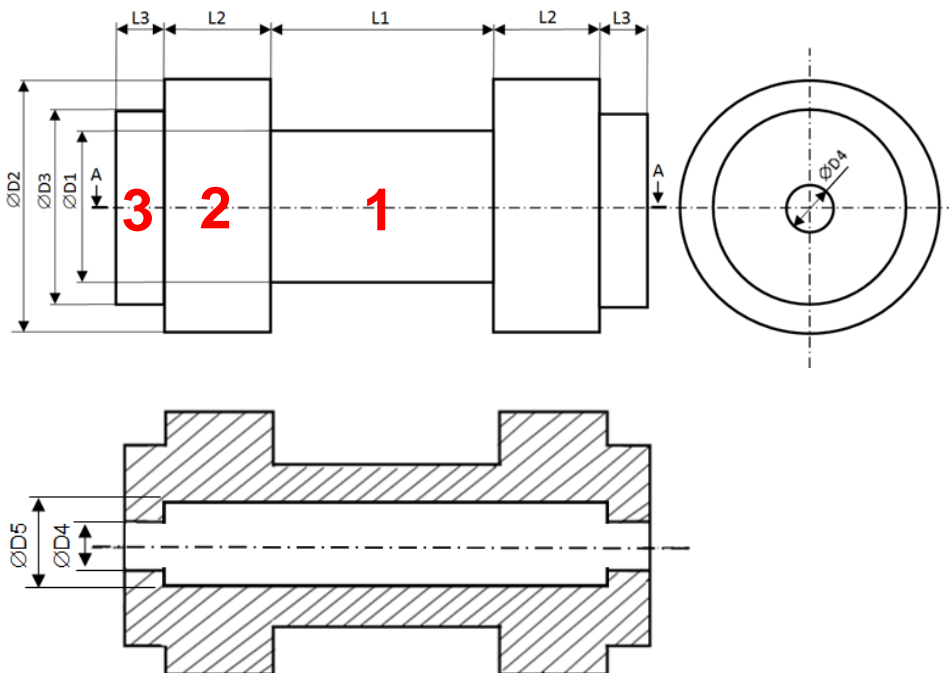
Matricola	Cognome	Nome

- 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 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 (11 punti)**

Si deve realizzare il componente in Fig. 1 con il processo di fonderia a verde.

1. Calcolare le dimensioni del modello, ignorando la presenza di angoli di sforno (ritiro lineare in fase di solidificazione = 1% ; sovrametallo = 3 mm).
2. Determinare la direzione di solidificazione del pezzo, considerando le quote nominali di Tab. 1.
3. Supponendo di posizionare una materozza (D = 180 mm, H = 270 mm) su ciascun corpo 2 con modulo termico M2 = 30 mm, verificare con il metodo di Caine (a = 0.1, b = 0.03, c = 1) se esse riescono ad alimentare correttamente il pezzo con volume complessivo  $V = 1.4 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$ .



<b>D1</b>	210
<b>D2</b>	285
<b>D3</b>	240
<b>D4</b>	75
<b>D5</b>	105
<b>L1</b>	260
<b>L2</b>	135
<b>L3</b>	90

Tabella 1: Dimensioni del pezzo [mm]

Figura 1. Componente da realizzare tramite fonderia a verde

**QUESITO 2 (11 punti)**

Il componente in Fig. 2 viene realizzato attraverso l'imbutitura di dischi, a loro volta tranciati da un nastro di spessore 1 mm composto da acciaio a basso tenore di carbonio ( $k = 550 \text{ MPa}$ ,  $n = 0.2$ ,  $R_m = 800 \text{ MPa}$ ).

1. Il nastro di acciaio ha inizialmente una larghezza di 200 mm e uno spessore di 1.2 mm; esso viene portato allo spessore finale mediante un'operazione di laminazione a freddo.
  - 1.1. Calcolare il coefficiente di attrito minimo necessario per avere un imbocco naturale del nastro fra i rulli, che hanno diametro pari a 40 mm.
  - 1.2. Determinare la forza e la coppia agenti su ogni rullo nel caso in cui il coefficiente di attrito sia pari a 0.14.

2. Per quanto riguarda la lavorazione di tranciatura:
  - 2.1. Dimensionare il punzone e la matrice necessari per tranciare dal nastro di acciaio ( $A_c = 0.06$ ) dei dischi di diametro pari a 180 mm.
  - 2.2. Calcolare la forza massima con utensili piatti e paralleli.
3. In riferimento all'operazione di imbutitura:
  - 3.1. Determinare il diametro minimo che deve avere il disco di partenza per poter ottenere il componente in Fig. 2 e verificare se l'imbutitura è realizzabile in un singolo passaggio attraverso il calcolo del Drawing Ratio (DR).
  - 3.2. Calcolare la forza necessaria.

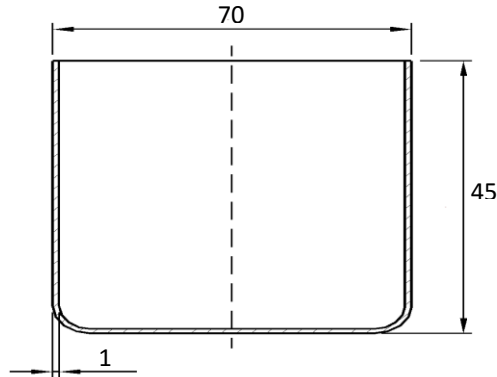


Figura 2. Componente da realizzare mediante lavorazioni di deformazione plastica (dimensioni in millimetri)

### QUESITO 3 (8 punti)

Si deve spianare interamente una piastra la cui superficie ha dimensioni 100 mm x 500 mm, asportando 4 mm di sovrametallo, mediante una fresa frontale caratterizzata da:

- diametro  $D = 160$  mm
- numero di denti  $Z = 12$
- angolo di registrazione primario  $\kappa_{re} = 90^\circ$
- pressione di taglio specifica  $k_{cs} = 1600$  MPa
- coefficiente  $x = 0.14$
- avanzamento al dente:  $f_z = 0.05 \div 0.15$  mm/giro

Il centro di lavoro a disposizione ha le seguenti specifiche:

- potenza di targa  $P_a = 4$  kW
- rendimento  $\eta = 0.9$

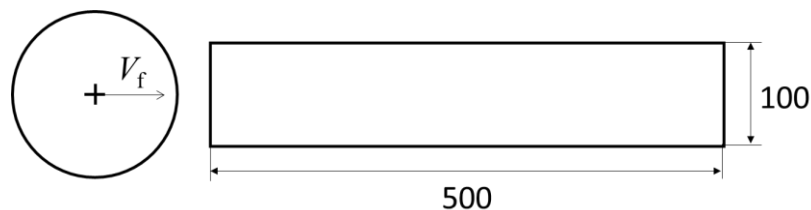


Figura 3. Vista dall'alto dell'operazione di spianatura

Facendo riferimento alla Fig. 3, si esegue la spianatura con traiettoria rettilinea, posizionando l'asse della fresa in corrispondenza della mezzzeria della piastra. Si chiede di:

1. Calcolare il numero di giri massimo che si può impiegare per realizzare la spianatura con un'unica passata ( $a_p = 4$  mm), scegliendo il valore massimo ammissibile per l'avanzamento al dente.
2. Determinare il tempo necessario all'esecuzione della spianatura con i seguenti parametri di taglio:  $a_p = 2$  mm,  $f_z = 0.12$  mm/giro,  $n = 340$  giri/min. L'extracorsa è pari a 2 mm sia in ingresso sia in uscita e il tempo per il ritorno in rapido è di 3 secondi.

# SOLUZIONE

## QUESITO 1

1)

Le quote nominali del pezzo devono essere modificate per tenere conto dell'aggiunta del sovrametallo e per contrastare il ritiro del materiale in fase di solidificazione. Trattandosi di fonderia a verde le approssimazioni delle quote vengono fatte a livello millimetrico.

Quota	Dimensione iniziale (mm)	Sovrametallo (mm)		Ritiro (mm)		Dimensione finale arrotondata (mm)
D1	210	+3 +3	216	2.16	218.16	219
D2	285	+3 +3	291	2.91	293.91	294
D3	240	+3 +3	246	2.46	248.46	249
D4	75	-3 -3	69	0.69	69.69	69
D5	105	-3 -3	99	0.99	99.99	99
L1	260	-3 -3	254	2.54	256.54	256
L2	135	+3 +3	141	1.41	142.41	143
L3	90	-3 +3	90	0.9	90.9	91

2)

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

$$V_1 = \pi \left( \frac{D_1^2}{4} - \frac{D_5^2}{4} \right) L_1 = 6754032 \text{ mm}^3$$

$$S_1 = \pi D_1 L_1 + \pi D_5 L_1 = 257296 \text{ mm}^2$$

$$M_1 = \frac{V_1}{S_1} = 26.25 \text{ mm}$$

$$V_2 = \pi \left( \frac{D_2^2}{4} - \frac{D_3^2}{4} \right) L_2 = 7443218 \text{ mm}^3$$

$$S_2 = \pi D_2 L_2 + \pi D_3 L_2 + \pi \frac{(D_2^2 - D_1^2)}{4} + \pi \frac{(D_2^2 - D_3^2)}{4} = 213118 \text{ mm}^2$$

$$M_2 = \frac{V_2}{S_2} = 34.93 \text{ mm}$$

$$V_3 = \pi \left( \frac{D_3^2}{4} - \frac{D_4^2}{4} \right) L_3 = 3673896 \text{ mm}^3$$

$$S_3 = \pi D_3 L_3 + \pi D_4 L_3 + \pi \frac{(D_3^2 - D_4^2)}{4} + \pi \frac{(D_5^2 - D_4^2)}{4} = 134126 \text{ mm}^2$$

$$M_3 = \frac{V_3}{S_3} = 27.36 \text{ mm}$$

La direzione di solidificazione è  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ .

3)

Il rapporto tra i volumi della materozza e del pezzo vale:

$$Y = \frac{V_M}{V_P} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 H}{V_{tot}/2} = \frac{6870663}{7000000} = 0.98$$

mentre il rapporto tra i moduli termici della materozza e del pezzo è pari a:

$$X = \frac{M_M}{M_P} = \frac{M_M}{M_2} = \frac{\frac{V_M}{\frac{\pi}{4}D^2 + \pi DH}}{M_2} = \frac{6870663}{\frac{178128}{30}} = \frac{38.57}{30} = 1.29$$

Il valore limite di Y risulta quindi:

$$Y_{Caine} = \frac{a}{X-c} + b = \frac{0.1}{1.29-1} + 0.03 = 0.38$$

Essendo  $Y > Y_{Caine}$ , le materozze proposte consentono una corretta alimentazione del pezzo.

## **QUESITO 2**

### **1.1)**

Si ha un imbocco naturale se:

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

quindi il coefficiente d'attrito minimo necessario è:

$$\mu = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}} = \sqrt{\frac{1.2-1}{20}} = 0.1$$

### **1.2)**

Per poter calcolare la forza di laminazione, innanzitutto si deve valutare la pressione media fra rullo e laminando:

$$\bar{Y}_f = \frac{k\varepsilon^n}{n+1} = \frac{k \left( \ln \frac{h_e}{h_u} \right)^n}{n+1} = 326 \text{ MPa}$$

$$L = \sqrt{\Delta h \cdot R} = 2 \text{ mm}$$

$$h_m = \frac{h_e + h_u}{2} = 1.1 \text{ mm}$$

$$P_{av} = \frac{2}{\sqrt{3}} \bar{Y}_f \left( 1 + \mu \frac{L}{2h_m} \right) = 424 \text{ MPa}$$

La forza risulta allora:

$$F_v = p_{av} \cdot b \cdot L = 170 \text{ kN}$$

mentre la coppia agente su ogni rullo è:

$$M = F_v \frac{L}{2} = 170 \text{ Nm}$$

### **2.1)**

Il gioco è pari a:

$$g = A_c \cdot t = 0.06 \text{ mm}$$

Nel caso della tranciatura, è la matrice che deve avere diametro pari a quello del componente, quindi:

$$D_b = D = 180 \text{ mm}$$

mentre il diametro del punzone risulta:

$$D_h = D_b - 2g = 179.88 \text{ mm}$$

## 2.2)

La forza massima si calcola come segue:

$$l = \pi D = 565.49 \text{ mm}$$

$$F_{\max} = R_t \cdot l \cdot t = 0.8R_m \cdot l \cdot t = 362 \text{ kN}$$

## 3.1)

Il disco da cui partire per ottenere il componente deve avere almeno un diametro pari a:

$$D_{av} = \frac{70 + (70 - 2 \cdot 1)}{2} = 69 \text{ mm}$$

$$D = \sqrt{4 \cdot D_{av} \cdot t + D_{av}^2} = 131 \text{ mm}$$

L'imbutitura è realizzabile in un singolo passaggio perchè il Drawing Ratio è minore di 2.

$$DR = \frac{D}{D_p} = \frac{131}{70 - 2 \cdot 1} = 1.93 < 2$$

## 3.2)

La forza necessaria per realizzare l'imbutitura vale:

$$F = \pi D_p \cdot t \cdot R_m \left( \frac{D}{D_p} - 0.7 \right) = 209.8 \text{ kN}$$

## QUESITO 3

### 1)

Innanzitutto si deve calcolare il numero di denti in presa, nell'ipotesi che l'asse della fresa coincida con la mezzeria della piastra:

$$\varphi = 2 \cdot \arcsin \left( \frac{a_e/2}{D/2} \right) = 2 \cdot \arcsin \left( \frac{100}{160} \right) = 77.36^\circ$$

$$z = \frac{Z}{360^\circ} \varphi = 2.58$$

È quindi lecito adottare un approccio alla potenza media.

$$h_m = \frac{2f_z a_e}{\varphi D} \sin \kappa = 0.139 \text{ mm}$$

$$k_c = \frac{k_{cs}}{h_m^x} = 2109 \text{ MPa}$$

Per ottenere il valore massimo del numero di giri si impone che la potenza di taglio sia pari a quella resa disponibile dal centro di lavoro:

$$P_c = \frac{k_c \cdot V_f \cdot a_p \cdot a_e}{60 \cdot 1000} = \frac{k_c \cdot (Z \cdot n \cdot f_z) \cdot a_p \cdot a_e}{60 \cdot 1000} = P_a \cdot \eta = 3600 \text{ W}$$

$$n = \frac{P_a \cdot \eta \cdot 60 \cdot 1000}{k_c \cdot Z \cdot f_z \cdot a_p \cdot a_e} = 142 \text{ giri/min}$$

**2)**

Il tempo necessario per l'esecuzione di ogni passata è pari a:

$$A = 0.5 \cdot \left( D - \sqrt{D^2 - a_e^2} \right) = 17.55 \text{ mm}$$

$$V_f = Z \cdot n \cdot f_z = 489.6 \text{ mm/min}$$

$$T_{m\_1pass} = \frac{L + A + e_{ci} + e_{cu}}{V_f} = \frac{500 + 17.55 + 2 + 2}{489.6} = 1.07 \text{ min}$$

quindi il tempo totale risulta:

$$T_m = 2 \cdot T_{m\_1pass} + \frac{3}{60} = 2.18 \text{ min}$$