

Nota: Il tema d'esame presenta diverse versioni che differiscono tra loro nei valori evidenziati in rosso. Questo documento riferisce ad una delle versioni.

QUESITO FONDERIA (PUNTI 11)

In figura 1 è rappresentata la sezione del grezzo di un oggetto prodotto mediante un processo di fonderia in forma transitoria (per semplicità non sono stati rappresentati raggi di raccordo e angoli di sforno). Dati geometrici: $D_1 = 50 \text{ mm}$, $D_2 = 80 \text{ mm}$, $D_3 = 200 \text{ mm}$, $D_4 = 230 \text{ mm}$, $L_1 = 120 \text{ mm}$, $L_2 = 120 \text{ mm}$, $L_3 = 290 \text{ mm}$.

- Un'anima viene progettata per realizzare la geometria interna dell'oggetto. Si effettui il dimensionamento della portata d'anima necessaria. Si richiede il diametro della portata d'anima sapendo che la sua altezza è pari al suo diametro.
- Ai fini dell'identificazione della direzione di solidificazione, si calcoli il modulo termico della parte 3 (suddivisione indicata in figura 1).
- Nell'ipotesi di avere delle dimensioni del grezzo tali per cui le tre geometrie elementari in cui risulta suddiviso abbiano i seguenti moduli termici e volumi: $M_1 = 21 \text{ mm}$, $M_2 = 26 \text{ mm}$, $M_3 = 21 \text{ mm}$, $V_1 = 2 \text{ dm}^3$, $V_2 = 5 \text{ dm}^3$, $V_3 = 3 \text{ dm}^3$, verificare l'adeguatezza di un sistema di alimentazione composto da una materozza a cielo aperto di volume $V_m = 5 \text{ dm}^3$ e modulo termico $M_m = 31,2 \text{ mm}$. Coefficienti Caine: $a = 0,1$, $b = 0,03$, $c = 1$.
- Nell'ipotesi di avere delle dimensioni del grezzo tali per cui le tre geometrie elementari in cui risulta suddiviso abbiano volumi pari a $V_1 = 2 \text{ dm}^3$, $V_2 = 5 \text{ dm}^3$, $V_3 = 3 \text{ dm}^3$, nell'ipotesi che il volume del sistema di alimentazione sia pari a $V_m = 5,4 \text{ dm}^3$ e dato un sistema di colata in piano con $H_m = 100 \text{ mm}$ e coefficiente per le perdite di carico $c = 0,6$, si chiede di calcolare la sezione di strozzatura limite per garantire un tempo di riempimento inferiore a 10 secondi.

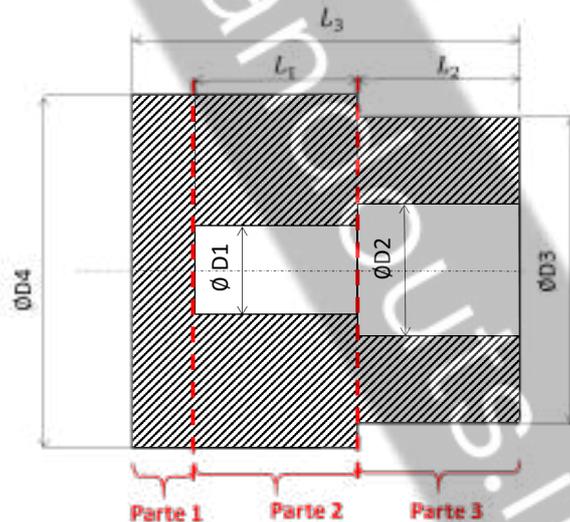


Figura 1 - Sezione del grezzo.

QUESITO DEFORMAZIONE (PUNTI 11)

Un estrusore lavora a caldo delle billette cilindriche in lega metallica aventi tensione di snervamento $Y = 80 \text{ MPa}$ e sezione iniziale 7854 mm^2 .

- Supponendo di lavorare in presenza di attrito (coefficienti sperimentali per il calcolo della pressione di estrusione $a = 0,8$; $b = 1,2$), si calcolino il massimo rapporto di estrusione R e la sezione finale dei profilati in uscita A_f che permettono di rispettare il vincolo di forza erogata dal pistone dell'estrusore di $F_{max} = 2,5 \text{ MN}$. Ipotizzando di produrre estrusi cilindrici, si indichi la classe di tolleranza IT a cui appartengono i cilindri prodotti sapendo che l'intervallo di tolleranza del diametro di tali cilindri è di $t = 210 \text{ }\mu\text{m}$.

- b. Si vogliono estrarre profilati a T come in Figura 2. Supponendo di lavorare in assenza di attrito, si calcolino il rapporto di estrusione R , la forza di estrusione e la massima velocità dei profilati in uscita v_f sapendo che la potenza massima erogabile dall'estrusore è di $P_{max} = 300 \text{ kW}$. Dati geometrici profilo in figura 2: $B = 40 \text{ mm}$; $H = 40 \text{ mm}$; $S = 5 \text{ mm}$.

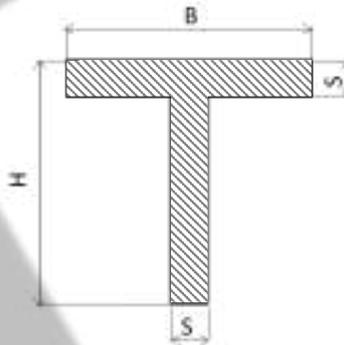


Figura 2: Sezione del profilato (quesito b).

QUESITO ASPORTAZIONE (PUNTI 8)

Il grezzo mostrato in Figura 3 deve essere lavorato al tornio sui tratti A, B e C. A tal fine, il pezzo viene montato fra un trascinatore frontale a denti ed una contropunta e lavorato con i parametri in Tabella 1.

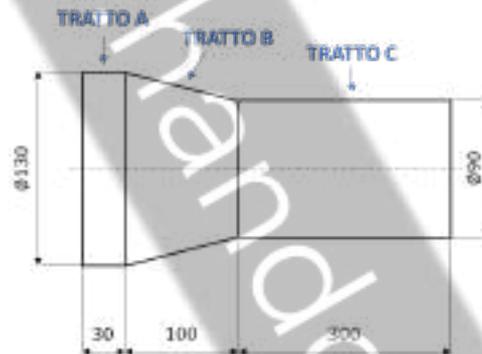


Figura 3 – Disegno del grezzo.

Profondità di passata	1	mm
Avanzamento	0,2	mm/giro
Costante di Kronenberg x	0,29	
Angolo tagliente principale	45	°
Angolo tagliente secondario	60	°
Raggio di punta	0,35	mm
Potenza di targa del tornio	5	kW
Efficienza	87	%

Tabella 1 – Parametri di lavorazione.

- Verificare la fattibilità della lavorazione nel caso in cui la forza di taglio sia di 863 N e la velocità di taglio sia di **170 m/min**.
- Qual è la rugosità teorica R_a ottenibile nel TRATTO C (Figura 3)?
- Si stimi la durata della lavorazione assumendo di poter lavorare con numero di giri costante pari a 832 giri/min (si trascurino le extra corse).
- Considerando differenti condizioni di taglio tali per cui la durata effettiva di lavorazione del pezzo risulti pari 6 minuti e trascurando i fenomeni di usura utensile, si stimi il numero massimo di pezzi che possono essere prodotti in **3 turni da 8 ore** (tempo di carico/scarico del pezzo 30 secondi).

Tecnologia Meccanica e Qualità

Matricola	Cognome	Nome	Data
			25/06/2020

Note:

- **NC*** = Non compilare. Spazio riservato alla correzione.
- Indicare sul foglio di consegna: Nome, Cognome, Matricola;
- Non è consentito utilizzare libri o dispense;
- È consentito esclusivamente l'uso del formulario e delle tabelle ufficiali del corso;
- Riportare in penna tutti i risultati numerici richiesti sul foglio allegato;
- Svolgimento 1h10.

QUESITO FONDERIA (11 PUNTI)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Diametro portata d'anima	3,5			
DOMANDA B	Modulo termico	2			
DOMANDA C	Rapporto volumetrico materozza	1			
	Rapporto volumetrico limite Caine	1			
	Il sistema di alimentazione è adeguato? (Si/No)	0,5			
DOMANDA D	Sezione di strozzatura	3			

QUESITO DEFORMAZIONE (11 PUNTI)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Rapporto di estrusione	2			
	Sezione finale	2			
	Classe di tolleranza	2			
DOMANDA B	Rapporto di estrusione	1			
	Forza di estrusione	2			
	Massima velocità profilati	2			

QUESITO ASPORTAZIONE (8 PUNTI)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Potenza di Taglio	1			
	La lavorazione è fattibile? (si/no)	1			
DOMANDA B	Rugosità ottenibile	1			
	Avanzamento limite per validità	1			
	L'avanzamento è accettabile? (si/no)	1			
DOMANDA D	Tempo di lavorazione	1,5			
DOMANDA E	Numero di pezzi prodotti	1,5			

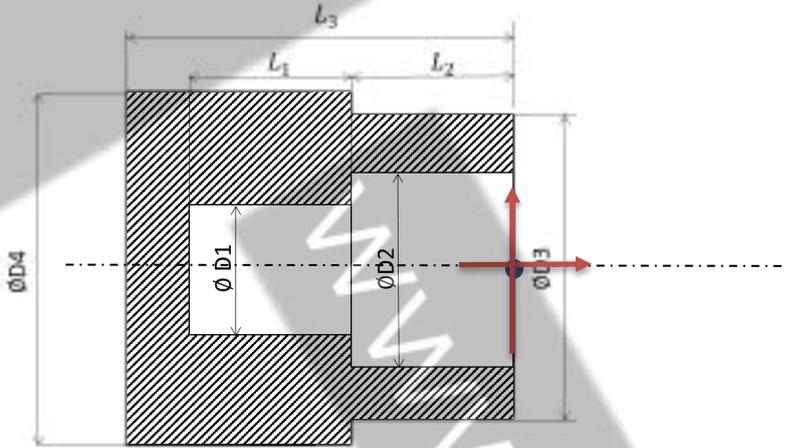
www.handouts.it

SOLUZIONE

QUESITO FONDERIA

a. Bilanciamento anima

Il diametro limite della portata d'anima deve essere tale da consentire la stabilità dell'anima.



Dato il sistema di riferimento in figura (sia x asse orizzontale), si impone il bilanciamento dei momenti delle forze peso di anima (a) e portata d'anima (p):

$$|x_a| \cdot V_a \leq |x_p| \cdot V_p$$

Per la portata d'anima:

$$x_p = \frac{D}{2}$$

$$V_p = \frac{\pi}{4} D^3$$

Scomponendo l'anima in due parti (parte I e parte II rispettivamente con diametro D1 e D2), otteniamo:

$$|x_I| \cdot V_I + |x_{II}| \cdot V_{II} \leq \frac{\pi}{8} D^4$$

$$\left(\frac{L_1}{2} + L_2\right) \cdot \left(\frac{\pi}{4} D_1^2 L_1\right) + \left(\frac{L_2}{2}\right) \cdot \left(\frac{\pi}{4} D_2^2 L_2\right) \leq \frac{\pi}{8} D^4$$

$$D \geq \sqrt[4]{\frac{8}{\pi} \left[\left(\frac{L_1}{2} + L_2\right) \cdot \left(\frac{\pi}{4} D_1^2 L_1\right) + \left(\frac{L_2}{2}\right) \cdot \left(\frac{\pi}{4} D_2^2 L_2\right) \right]}$$

$$D \geq \sqrt[4]{\frac{8}{\pi} \left[\left(\frac{120}{2} + 120\right) \cdot \left(\frac{\pi}{4} 50^2 \cdot 120\right) + \left(\frac{120}{2}\right) \cdot \left(\frac{\pi}{4} 80^2 \cdot 120\right) \right]} = 119 \text{ mm}$$

b. Moduli termici

Il modulo termico della parte 3 è:

$$M = \frac{V}{S}$$

Dove:

$$V = \frac{\pi}{4}(D_3^2 - D_2^2)L_2 = \frac{\pi}{4}(200^2 - 80^2)120 = 3\,166\,725 \text{ mm}^3$$

$$S = \frac{\pi}{4}(D_3^2 - D_2^2) + L_2\pi(D_3 + D_2) = \frac{\pi}{4}(200^2 - 80^2) + 120 \cdot \pi(200 + 80) = 131\,947 \text{ mm}^2$$

Quindi:

$$M = \frac{3\,166\,725}{131\,947} = 24 \text{ mm}$$

c. Sistema di alimentazione

Si calcolano:

$$x = \frac{M_m}{M_g} = \frac{31,2}{26} = 1,2$$

$$y = \frac{V_m}{V_g} = \frac{V_m}{V_1 + V_2 + V_3} = \frac{5}{10} = 0,5$$

Il valore limite della curva di Caine:

$$y_c = \frac{a}{x - c} + b = \frac{0,1}{1,2 - 1} + 0,03 = 0,53$$

La materozza non è quindi appropriata ($y < y_c$).

d. Sistema di colata

La sezione di strozzatura deve verificare la seguente condizione:

$$S \geq \frac{V_{tot}}{t_{limite}} \cdot \frac{1}{v_{effl}}$$

Dove $t_{limite} = 10 \text{ s}$ e $V_{tot} = V_m + V_g = 15,4 \text{ dm}^3$.

La velocità media di efflusso di calcola come:

$$v_{effl} = c\sqrt{2gH_m} = 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot \frac{100}{1000}} = 0,84 \text{ m/s}$$

$$S \geq \frac{V_{tot}}{t_{limite} \cdot v_{effl}} = \frac{15,4 \cdot 10^6}{10 \cdot 0,84 \cdot 10^3} = 1833 \text{ mm}^2$$

QUESITO DEFORMAZIONE

a. Estrusione in presenza di attrito

Il rapporto di estrusione è vincolato dalla relazione che lo lega alla forza di estrusione

$$F_{max} = A_0 \cdot Y \cdot (a + b \cdot \ln R_{max})$$

Da cui

$$\ln R_{max} = \frac{F_{max} - A_0 \cdot Y \cdot a}{A_0 \cdot Y \cdot b}$$

Da cui

$$R_{max} = e^{\frac{F_{max} - A_0 \cdot Y \cdot a}{A_0 \cdot Y \cdot b}}$$

Quindi

$$R_{max} = e^{\frac{2500000 - 7854 \cdot 80 \cdot 0,8}{7854 \cdot 80 \cdot 1,2}} = 14,14$$

Sapendo che

$$R = A_0 / A_f$$

Si ottiene la minima sezione finale dei profilati

$$A_{f,min} = \frac{A_0}{R_{max}} = \frac{7854}{14,14} = 555,4 \text{ mm}^2$$

Per conoscere la classe di tolleranza a cui appartengono i cilindri prodotti bisogna combinare l'intervallo di tolleranza con il diametro di riferimento. Si calcola quindi

$$D_f = \sqrt{\frac{4 \cdot A_f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 555,4}{\pi}} = 26,59 \text{ mm} \in [18 \text{ mm} - 30 \text{ mm}]$$

Utilizzando la tabella delle classi di tolleranza

Dimensione nominale mm		GRADI DI TOLLERANZA NORMALIZZATI																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
oltre	fino a	µm									Tolleranza								
											mm								
-	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	20	30	40	50	0,14	0,25	0,4	0,63	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	6	9	12	18	30	45	75	0,16	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	54	90	0,22	0,36	0,56	0,9	1,5	2,2	
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7	
18	30	1,5	2,5	4	6	10	15	25	38	60	90	150	0,3	0,48	0,75	1,2	2,1	3,3	
30	50	1,5	2,5	4	7	11	18	28	43	67	100	160	0,36	0,56	1	1,6	2,5	3,9	

La classe di tolleranza di appartenenza è la classe IT12.

b. Estrusione di profilati a T

Il rapporto di estrusione si calcola come

$$R = A_0 / A_f$$

La sezione finale dei profilati a T si può calcolare come:

$$A_f = B \cdot S + (H - S) \cdot S = 40 \cdot 5 + (40 - 5) \cdot 5 = 375 \text{ mm}^2$$

Da cui:

$$R = \frac{7854}{375} = 20,94$$

La forza di estrusione in assenza di attrito si calcola come:

$$F = A_0 \cdot Y \cdot \ln R = 7854 \cdot 80 \cdot \ln 20,94 = 1\,911\,137 \text{ N}$$

La velocità di estrusione è vincolata alla massima potenza erogabile, in quanto:

$$P = F \cdot v_0$$

Da cui

$$v_{0,max} = \frac{P_{max}}{F} = \frac{300000}{1911137} = 0,157 \text{ m/s}$$

Si può infine ricavare la velocità dei profilati sfruttando il principio della conservazione della portata:

$$v_f = \frac{v_0 \cdot A_0}{A_f} = v_0 \cdot R = 0,157 \cdot 20,94 = 3,29 \text{ m/s}$$

QUESITO ASPORTAZIONE

a. Fattibilità della lavorazione.

Non avendo informazioni sul numero di giri massimi disponibili, si verifica solamente se risulta rispettato il vincolo di potenza.

La potenza è pari a:

$$P_c = v_c \cdot F_c = \frac{170 \cdot 863}{1000 \cdot 60} = 2,45 \text{ kW} \leq 5 \cdot 0,87 = 4,35 \text{ kW}$$

La lavorazione è, quindi, realizzabile.

b. Rugosità

La rugosità ottenibile sul tratto c si può calcolare tramite la relazione di Schmaltz:

$$R_a = \frac{1}{32} \cdot \frac{f^2}{r} = \frac{1000}{32} \cdot \frac{0,2^2}{0,35} = 3,57 \mu\text{m}$$

Dati gli angoli del tagliente φ e φ' , si ricavano gli angoli di registrazione primario κ e secondario κ' , per la lavorazione sul tratto orizzontale (TRATTO C):

$$\kappa = 90 - \varphi = 45^\circ$$

$$\kappa' = 90 - \varphi' = 30^\circ$$

Devono essere verificate le seguenti condizioni:

$$f = 0,2 \text{ mm} \leq 2 \cdot r \cdot \sin(\kappa) = 2 \cdot 0,35 \cdot \sin(45^\circ) = 0,495 \text{ mm/giro}$$

$$f = 0,2 \text{ mm} \leq 2 \cdot r \cdot \sin(\kappa') = 2 \cdot 0,35 \cdot \sin(30^\circ) = 0,350 \text{ mm/giro}$$

L'avanzamento limite è $0,350 \text{ mm/giro}$ e le ipotesi della relazione di Schmaltz sono quindi verificate.

c. Durata lavorazione per numero di giri 832 giri/min.

La durata della lavorazione si può calcolare come:

$$T_m = \frac{C + e}{f \cdot n}$$

Trascurando le extra corse, calcoliamo ora la corsa C:

$$C = 300 + \sqrt{100^2 + \left(\frac{128 - 88}{2}\right)^2} + 30 = 431,98 \text{ mm}$$

Il tempo di lavorazione risulta:

$$T_m = \frac{431,98}{0,2 \cdot 832} = 2,596 \text{ min}$$

d. Produzione massima

La produzione massima raggiungibile si può stimare considerando la durata della lavorazione ed il tempo di carico/scarico del pezzo (trascurando i cambi utensile). Ergo:

$$N_{\max} = \left\lfloor \frac{T_{disp}}{T_{pezzo}} \right\rfloor$$

Dove:

$$T_{disp} = 3 \cdot 8 \cdot 60 = 1440 \text{ min}$$

Il tempo per la produzione di un pezzo può essere calcolato come:

$$T_{pezzo} = T'_m + T_{fissi} = 6 + 0,5 = 6,5 \text{ min}$$

Quindi:

$$N_{\max} = \left\lfloor \frac{1440}{6,5} \right\rfloor = 221 \text{ pezzi}$$