

Tecnologia Meccanica e Qualità
30/08/2018

Note:

- 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 1h30.

QUESITO 1 (9 PUNTI)

Si vuole trafilare a freddo un filo realizzato in un materiale caratterizzato da legame tensione di flusso - deformazione $Y = 150\varepsilon^{0.5}$ MPa. La trafilatura avverrà in due passate. La prima porta il filo da un diametro iniziale di 3 mm ad un diametro di 2 mm, e la seconda ad un diametro finale del filo di 1,5 mm. La velocità di uscita che si ha a valle della prima filiera è pari a 3 m/s. Si considerino trascurabile gli attriti e il ritorno elastico del materiale.

- a. Determinare il tempo e la lunghezza del filo grezzo necessari a produrre 1000 m di prodotto.
- b. Determinare il lavoro ideale di deformazione necessario a realizzare 1000 m di prodotto.
- c. Determinare la forza necessaria ad eseguire ciascuna delle due passate.
- d. Determinare la potenza complessiva necessaria ad eseguire la lavorazione complessiva.

QUESITO 2 (7 PUNTI)

Si consideri la fase produttiva in cui con lo stesso utensile si realizza, mediante tornitura cilindrica esterna, la sgrossatura di un componente cilindrico in acciaio, serrato tra punta e contropunta. Il pezzo viene lavorato su tutta la lunghezza (64 mm), mediante l'esecuzione di due passate successive. Il pezzo ha un diametro iniziale di 32 mm e un diametro finale di 30,5 mm. Il diametro a valle della prima passata è pari a 31,25 mm.

Le caratteristiche dell'utensile utilizzato per la lavorazione e del materiale del pezzo sono riportate nella tabella seguente:

Materiale	
$k_{c0,4}$	2100 MPa
χ	0,29
Utensile	
r	0,8 mm
κ	35°
κ'	35°

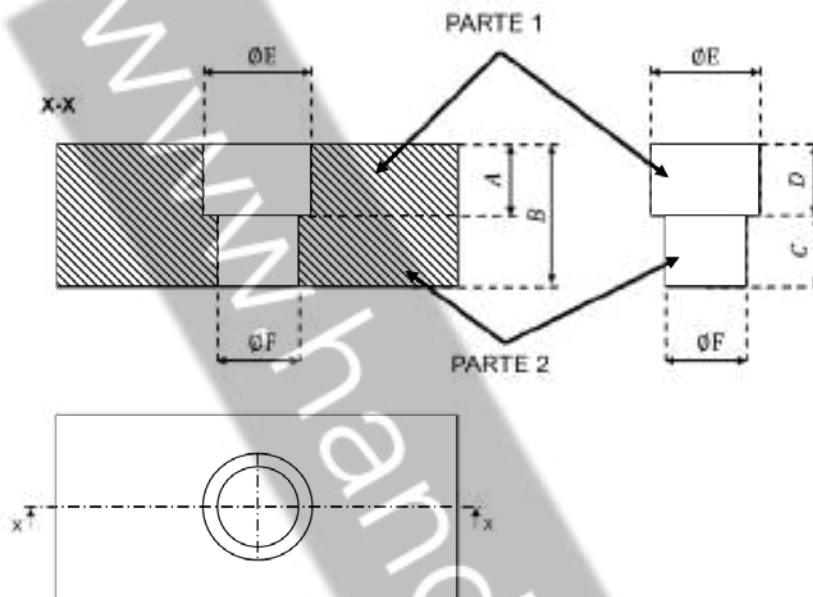
Si chiede di:

- a. Determinare i valori di forza e di potenza di taglio per la seconda passata, tenendo conto di un avanzamento pari a 0,38 mm/giro e una velocità di taglio di 270 m/min.
- b. Determinare la rugosità superficiale ottenuta dalla lavorazione, **tenendo conto di un avanzamento pari a 0,38 mm/giro.**
- c. Determinare la velocità di taglio e il numero di giri per ciascuna delle due passate, tenendo conto di un avanzamento pari a 0,38 mm/giro volendo ottenere un tempo di esecuzione di ciascuna passata pari a 12 secondi. Considerate un'extra corsa in ingresso e in uscita pari 3 mm ciascuna.
- d. Determinare l'inflessione del pezzo alla prima passata, considerando un modulo di Young pari a 205000 N/mm² e una forza di taglio pari a 400 N.

QUESITO 3 (7 PUNTI)

Il perno cilindrico (a destra) e la piastra forata (a sinistra) rappresentati in figura dovranno essere accoppiati.

- Le specifiche funzionali richiedono che, una volta inserito il perno, esso non sporga da nessuna delle due superfici della piastra, posto che il perno vada in battuta in corrispondenza della variazione di diametro. Verificare se le dimensioni e le tolleranze proposte per il pezzo siano adeguate a garantire il requisito. (Si faccia utilizzo delle tabelle ufficiali del corso per il calcolo delle tolleranze.) Dati geometrici (in [mm]): $A = 190H8$; $B = 380H8$; $C = 190e8$; $D = 190e8$.
- Il perno in figura verrà realizzato mediante processo fusorio e successiva asportazione di materiale. Si consideri un sovrametallo costante e pari a 2 mm su tutte le superfici e ritiro in fase solida dell'1%. Si calcoli il modulo termico della Parte 1 del perno come indicato in figura. Dati geometrici (in [mm]): $C = 190$; $D = 190$; $E = 100$; $F = 80$. NB: arrotondare le dimensioni del modello all'intero (esprimendo le dimensioni in [mm]).



QUESITO 4 (7 PUNTI)

In un'azienda specializzata in packaging di prodotti farmaceutici, viene utilizzata una carta di controllo per monitorare la frazione di blister non conformi. Ciascun campione ispezionato a intervalli regolari consiste di 45 blister. La carta p di controllo che viene usata per il monitoraggio ha i seguenti parametri: $LCL = 0$; $LC = 0,075$; e $LCS = 0,19$.

- Di quante unità di deviazione standard deve aumentare la frazione di non conformi affinché la carta si accorga del cambiamento con un errore di secondo tipo pari a 0,7?
- Qual è il valore di K usato nella carta di controllo?
- Si calcoli la probabilità dell'errore di primo tipo reale della carta di controllo.
- Qual è il numero medio di campioni da ispezionare prima di segnalare che la frazione di non-conformi sia triplicata?
- Qual è la minima dimensione del campione affinché sia maggiore di zero il limite di controllo inferiore ($K=3$)?

Tecnologia Meccanica e Qualità

30/08/2018

Matricola	Cognome	Nome	

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 1h30.

QUESITO 1 (9 PUNTI)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Lunghezza iniziale del filo	1			
	Tempo di lavorazione	1			
DOMANDA B	Lavoro ideale di deformazione complessivo	1,5			
DOMANDA C	Forza (prima passata)	1,5			
	Forza (seconda passata)	2			
DOMANDA D	Potenza complessiva	2			

QUESITO 2 (7 PUNTI)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Forza di taglio	1			
	Potenza di taglio	1			
DOMANDA B	Avanzamento limite per la validità di Schmalz (registrazione primaria)	0,5			
	Avanzamento limite per la validità di Schmalz (registrazione secondaria)	0,5			
	Rugosità media aritmetica	1			
DOMANDA C	Numero di giri (1° passata)	0,5			
	Velocità di taglio (1° passata)	0,5			
	Numero di giri (2° passata)	0,5			
	Velocità di taglio (2° passata)	0,5			
DOMANDA D	Inflessione	1			

QUESITO 3 (7 PUNTI)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Gioco minimo su accoppiamento Parte 1	2			
	Gioco minimo su accoppiamento Parte 2	2			
DOMANDA B	Volume Parte 1 (perno)	1,25			
	Superficie di scambio termico Parte 1 (perno)	1,25			
	Modulo termico Parte 1 (perno)	0,5			

QUESITO 4 (7 PUNTI)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Numero di unità di deviazione standard	2			
DOMANDA B	k	1			
DOMANDA C	Probabilità reale dell'errore di primo tipo	1,5			
DOMANDA D	Numero medio di campioni	1,5			
DOMANDA E	Dimensione minima del campione	1			

SOLUZIONE

QUESITO 1

a. Determinare il tempo e la lunghezza del filo necessari a produrre 1000 m di prodotto. La lunghezza del materiale grezzo necessario sarà pari a

$$l_0 = \frac{V}{A_0} = \frac{l_2 A_2}{\frac{\pi}{4} D_0^2} = \frac{l_2 \frac{\pi}{4} D_2^2}{\frac{\pi}{4} D_0^2} = l_2 \frac{D_2^2}{D_0^2} = 1000 \frac{1,5^2}{3^2} = 250 \text{ m}$$

Trascurando la distanza fra le due filiere, il tempo necessario sarà pari a

$$t = \frac{l_1}{v_1} = \frac{\frac{V}{A_1}}{v_1} = \frac{\frac{l_2 \frac{\pi}{4} D_2^2}{\frac{\pi}{4} D_1^2}}{v_1} = \frac{l_2 D_2^2}{v_1 D_1^2} = \frac{1000 \cdot 1,5^2}{3 \cdot 2^2} = 187,5 \text{ s} = 3,125 \text{ minuti}$$

b. Determinare il lavoro ideale di deformazione necessario a realizzare 1000 m di prodotto. Il lavoro ideale di deformazione risulta pari a

$$L = uV$$

Dove

$$u = \frac{k\varepsilon^{n+1}}{n+1} = \frac{k \left(\frac{D_0^2}{D_2^2}\right)^{n+1}}{n+1} = \frac{150 \cdot \ln\left(\frac{3^2}{1,5^2}\right)^{0,5+1}}{(0,5+1)} \cdot \frac{1}{1000} = 0,163 \text{ J/mm}^3$$

Il "1000" a denominatore nella formula è un fattore di conversione da [mJ] a [J].

$$L = uV = u \cdot l_2 \frac{\pi}{4} D_2^2 = 0,163 \cdot 1000 \cdot 10^3 \frac{\pi}{4} 1,5^2 = 2,88 \cdot 10^5 \text{ J}$$

c. Determinare la forza necessaria ad eseguire le due passate. La forza necessaria per una passata è pari a

$$F = \bar{Y} \ln\left(\frac{A_i}{A_f}\right) A_f$$

Per la prima passata, questo si traduce in

$$F_1 = \frac{k \cdot \ln\left(\frac{D_0^2}{D_1^2}\right)^{n+1}}{n+1} \frac{\pi}{4} D_2^2 = \frac{150 \cdot \ln\left(\frac{3^2}{2^2}\right)^{0,5+1}}{0,5+1} \frac{\pi}{4} 2^2 = 229 \text{ N}$$

Da notare che la tensione in uscita è $p = \frac{k \cdot \ln \varepsilon^{n+1}}{n+1} = 73 \text{ MPa}$, mentre la tensione di flusso $Y = k\varepsilon^n = 135 \text{ MPa}$: la lavorazione è fattibile.

Per la seconda passata, innanzitutto calcoliamo la tensione di flusso media:

$$\bar{Y}_2 = \frac{u}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = \frac{\int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} k\varepsilon^n d\varepsilon}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = \frac{\int_0^{\varepsilon_2} k\varepsilon^n d\varepsilon - \int_0^{\varepsilon_1} k\varepsilon^n d\varepsilon}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = \frac{k}{n+1} \frac{\left(\ln \frac{D_0^2}{D_2^2}\right)^{n+1} - \left(\ln \frac{D_0^2}{D_1^2}\right)^{n+1}}{\ln \frac{D_1^2}{D_2^2}} =$$

$$= \frac{150}{0,5 + 1} \frac{\left(\ln \frac{3^2}{1,5^2}\right)^{0,5+1} - \left(\ln \frac{3^2}{2^2}\right)^{0,5+1}}{\ln \frac{2^2}{1,5^2}} = 157 \text{ MPa}$$

Ora è possibile determinare la forza necessaria:

$$F_2 = \bar{Y}_2 \ln \left(\frac{D_1^2}{D_2^2} \right) \frac{\pi}{4} D_2^2 = 157 \ln \left(\frac{2^2}{1,5^2} \right) \frac{\pi}{4} 1,5^2 = 159 \text{ N}$$

Anche in questo caso, si noti che la tensione in uscita $p = \bar{Y}_2 \ln \left(\frac{D_1^2}{D_2^2} \right) = 90 \text{ MPa}$, e la tensione limite è $Y = k\varepsilon^n = 177 \text{ MPa}$: la lavorazione è fattibile.

d. Determinare la potenza complessiva necessaria ad eseguire la lavorazione. Per risolvere questo punto, applichiamo direttamente la definizione di potenza:

$$P = \frac{L}{t} = \frac{K \ln \left(\frac{D_0^2}{D_2^2} \right)^{n+1}}{n+1} l_2 \frac{\pi}{4} D_2^2 = \frac{K \ln \left(\frac{D_0^2}{D_2^2} \right)^{n+1}}{n+1} \frac{\pi}{4} D_1^2 v_1 = \frac{150 \ln \left(\frac{3^2}{1,5^2} \right)^{0,5+1}}{1000(0,5+1)} \frac{\pi}{4} 2^2 \cdot 3 = 1538 \text{ W}$$

È interessante a notare che questa formula corrisponde a moltiplicare il lavoro specifico u per il volume di materiale elaborato nell'unità di tempo $A_1 v_1$. Questo approccio per il calcolo della potenza può essere esteso anche ad altre lavorazioni analoghe (laminazione, estrusione, ...)

QUESITO 2

- a. Determinare i valori di forza e di potenza di taglio per la seconda passata, tenendo conto di un avanzamento pari a 0,38 mm/giro e una velocità di taglio di 270 m/min.

Usando il metodo della pressione di taglio, si ricava:

$$F_c = f \cdot a_p \cdot k_c \cdot 0,4 \cdot \left(\frac{0,4}{f \cdot \sin k_r} \right)^x = 0,38 \cdot 0,375 \cdot 2100 \cdot \left(\frac{0,4}{0,38 \cdot \sin 35^\circ} \right)^{0,29} = 357 \text{ N}$$

La potenza di taglio risulta essere:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 1000} = \frac{357 \cdot 270}{60000} = 1,606 \text{ kW}$$

- b. Determinare la rugosità superficiale ottenuta dalla lavorazione.

Nell'ipotesi di validità della legge di Schmalz (utensile raccordato), si ricava:

$$R_a = \frac{1000 \cdot f^2}{32 \cdot r} = \frac{1000 \cdot 0,38^2}{32 \cdot 0,8} = 5,641 \text{ } \mu\text{m}$$

naturalmente è necessario verificare le ipotesi di validità di tale legge:

$$\begin{cases} f \leq 2r \sin k_r \\ f \leq 2r \sin k'_r \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,38 \leq 2 \cdot 0,8 \cdot \sin 35^\circ = 0,918 \text{ mm/giro} \rightarrow ok \\ 0,38 \leq 2 \cdot 0,8 \cdot \sin 35^\circ = 0,918 \text{ mm/giro} \rightarrow ok \end{cases}$$

- a. Determinare la velocità di taglio e il numero di giri per ciascuna delle due passate, tenendo conto di un avanzamento pari a 0,38 mm/giro volendo ottenere un tempo di esecuzione di ciascuna passata pari a 12 secondi. Considerate un'extra corsa in ingresso e in uscita pari 3 mm ciascuna.

Il tempo necessario ad eseguire una passata è:

$$T_m = \frac{L + e_c}{nf}$$

Da cui possiamo ricavare il numero di giri necessario per le passate:

$$n = \frac{l + e_c}{T_m \cdot f} = \frac{64 + 2 \cdot 3}{\frac{12}{60} \cdot 0,38} = 921 \text{ giri/min}$$

Valore identico per entrambe le passate.

Ora ricaviamo le velocità di taglio per la prima passata ($v_{c,1}$) e per la seconda passata ($v_{c,2}$):

$$v_{c,1} = \frac{\pi D_f n}{1000} = \frac{31,25 \cdot 921 \pi}{1000} = 90,4 \text{ m/min}$$

$$v_{c,2} = \frac{\pi D_f n}{1000} = \frac{30,5 \cdot 921 \pi}{1000} = 88,2 \text{ m/min}$$

- b. Determinare l'inflessione del pezzo alla prima passata, considerando un modulo di Young pari a 205000 N/mm² e una forza di taglio pari a 400 N.

$$I = \frac{1}{48} \frac{F_c \cdot L^3}{E \cdot J} = \frac{1}{48} \frac{F_c \cdot L^3 \cdot 64}{E \cdot \pi \cdot D^4} = \frac{1}{48} \frac{400 \cdot 64^3 \cdot 64}{205000 \cdot \pi \cdot 31,25^4} = 0,00023 \text{ mm}$$

QUESITO 3

- a. Verificare se le dimensioni e le tolleranze proposte per il pezzo sono adeguate a garantire il requisito. Si calcolano gli scostamenti superiori e inferiori e le relative dimensioni massime e minime dei componenti. Gli scostamenti e le dimensioni sono riportati in tabella:

	Nominale	Tolleranza	Scostamento inferiore	Scostamento superiore	Dimensione massima	Dimensione minima
AH8	190 mm	72 μm	0 μm	72 μm	190,072 mm	190 mm
BH8	380 mm	89 μm	0 μm	89 μm	380,089 mm	380 mm
Ce8	190 mm	72 μm	-172 μm	-100 μm	189,900 mm	189,828 mm
De8	190 mm	72 μm	-172 μm	-100 μm	189,900 mm	189,828 mm

Il requisito funzionale imposto richiede che $A \geq D$ e $(B - A) \geq C$. È quindi sufficiente verificare le due condizioni di gioco minimo.

Dal primo accoppiamento si ottiene come gioco minimo:

$$A_{\min} - D_{\max} = 190 - 189,900 = 0,1 \text{ mm} = 100 \mu\text{m}$$

Dal secondo accoppiamento si ottiene come gioco minimo:

$$(B_{\min} - A_{\max}) - C_{\max} = (380 - 190,072) - 189,900 = 189,948 - 189,900 = 0,028 \text{ mm} = 28 \mu\text{m}$$

Le specifiche richieste sono verificate.

- b. Si calcoli il modulo termico della Parte 1 del perno come indicato in figura.

Le nuove dimensioni del perno sono in tabella:

	Nominale	Calcolo	Finale
C	190 mm	$(190 + 2 - 2)(1+0,01) = 191,9$	192 mm

D	190 mm	$(190 + 2 + 2)(1+0,01) = 195,94$	196 mm
E	100 mm	$(100 + 2 * 2)(1+0,01) = 105,04$	106 mm
F	80 mm	$(80 + 2 * 2)(1+0,01) = 84,84$	85 mm

Il volume della parte 1 e':

$$V1 = \frac{\pi E^2}{4} D = \frac{\pi 106^2}{4} 196 = 1,73 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

La superficie di scambio termico della parte 1 e':

$$S1 = 2 \frac{\pi E^2}{4} + \pi E D - \frac{\pi F^2}{4} = 2 \cdot \frac{\pi 106^2}{4} + \pi 106 \cdot 196 - \frac{\pi 85^2}{4} = 7,72 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

Il modulo termico è pari a:

$$M = \frac{V1}{S1} = 22,39 \text{ mm}$$

QUESITO 4

- a. Di quante unità di deviazione standard deve aumentare la frazione di non conformi affinché la carta si accorga del cambiamento con un errore di secondo tipo pari a 0,7?

È possibile ricavare la nuova frazione di non conformi p' utilizzando il nomogramma, sapendo che:

- $[nLCS] = [45 \cdot 0,19] = [8,55] = 8$
- $n = 45$
- $\beta = 0,7$

Si ricava: $p' = 0,162$

La deviazione standard del processo è: $\sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$, dove $\bar{p} = 0,075$ e $n = 45$. Si ha: $\sigma = 0,0393$.

Sapendo che $p' = \bar{p} + p_\delta$ e supponendo $p_\delta = \delta \cdot \sigma$, si ricava che l'aumento sulla frazione di difettosi è pari a $\delta = 2,215$ unità di deviazione standard.

- b. Qual è il valore di K usato nella carta di controllo?

I limiti della carta di controllo sono tali che:

$$LCI = \max \left\{ 0; \bar{p} - K \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \right\} = 0$$

$$LC = \bar{p} = 0,075$$

$$LCS = \bar{p} + K \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,19$$

Da cui si ricava che $K = \frac{LCS-LC}{\sqrt{\frac{LC(1-LC)}{n}}} = 2,93$.

- c. Si calcoli l'errore di primo tipo reale della carta di controllo.

Per il calcolo dell'errore di primo tipo reale si usa il nomogramma. Essendo il limite di controllo inferiore pari a 0, risulta $\alpha_{inf} = 0$.

Sapendo che:

- $[nLCs] = 8$
- $p = 0,075$
- $n = 45$

Si ottiene $\alpha = \alpha_{sup} = 0,0056$.

- a. Qual è il numero medio di campioni da ispezionare prima di segnalare che la frazione di non-conformi sia triplicata?

Per il calcolo dell'errore beta si usa il nomogramma, sapendo che

- $[nLCs] = 8$
- $p' = 3\bar{p} = 0,225$
- $n = 45$

Si ottiene $\beta = 0,289$, da cui: $ARL(H1) = \frac{1}{1-\beta} = 1,406$

- b. Qual è la minima dimensione del campione affinché sia maggiore di zero il limite di controllo inferiore ($k = 3$)?

Per determinare la minima dimensione del campione che rende positivo il limite di controllo inferiore applichiamo la formula:

$$n > \frac{(1-p)}{p} k^2 = \frac{1-0,075}{0,075} 3^2 = 111$$

La minima dimensione del campione è quindi 112.