

Tecnologia Meccanica e Qualità
01/09/2020

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

QUESITO QUALITÀ (PUNTI 10)

Un'azienda produce rotoli di alluminio e ne controlla la qualità raccogliendo misure individuali dello spessore dei rotoli.

- a. I seguenti valori di spessore (in millimetri) sono rilevati nell'ispezione di 12 rotoli di alluminio. Progettare le appropriate carte di controllo ($k = 3$). Dopo quanti campioni in media si rileverà un falso allarme? (Si consideri verificata la normalità dei dati.)

0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4	0,7	0,6	0,4	0,4	0,6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- b. A valle di una modifica nel processo, la carta per le misure individuali, caratterizzata da $k=2,8$, diventa: $LCI = 0,1$ mm, $LC = 0,45$ mm e $LCS = 0,8$ mm. Qual è la probabilità di segnalare un aumento della media di processo, al primo campione successivo allo spostamento, pari a **2,1 volte** la deviazione standard di processo? Inoltre, si ricavi la deviazione standard di processo.

QUESITO DEFORMAZIONE (PUNTI 9)

Si consideri un processo di trafilatura con lo scopo di ridurre il diametro di un filo metallico di lunghezza iniziale $\ell_0 = 100$ m e diametro iniziale $d_0 = 10$ mm.

- a) Sia dato un materiale caratterizzato dalla seguente legge: $\sigma = 350 \varepsilon^{0,25}$. Trascurando gli attriti, si ricavi l'energia di deformazione specifica per portare il filo ad un diametro di **$d_1 = 8$ mm**. Si ricavi il rapporto di trafilatura limite.
- b) Volendo portare il filo ad un diametro finale pari a $d_f = 5$ mm con un unico stadio di trafilatura, indicare il valore del coefficiente di incrudimento n che permetterebbe di realizzare tale. Si supponga $\sigma = 350 \varepsilon^n$ per il comportamento del materiale. Quale sarebbe la forza necessaria per la trafilatura (si trascurino gli attriti)?
- c) Sia dato un materiale caratterizzato da un rapporto di trafilatura limite $R_{max} = 3$ e si porti il filo ad un diametro finale pari a $d_f = 2$ mm. Ipotizzando un treno di trafilatura con tempo di carico/scarico del filo di 2 minuti (tempo complessivo) e velocità in uscita di **$v_f = 3$ m/s**, qual è il tempo necessario a trafilare la bobina? Quanti stadi di trafilatura sono necessari?

QUESITO ASPORTAZIONE (11 PUNTI)

L'oggetto in figura 1 è realizzato mediante asportazione di truciolo. La lavorazione si divide in due operazioni, tornitura interna (operazione 1) e sfacciatura (operazione 2), sono effettuate in serie utilizzando l'utensile rappresentato in figura 1. Il sovrametallo asportato ha spessore 1,5 mm. La lavorazione è effettuata con avanzamento $f = 0,1$ mm/giro. Dati geometrici: $A = 30$ mm, $C = 140$ mm, $D = 120$ mm, $E = 90$ mm, $F = 40$ mm.

- Noti i coefficienti $k_{c04} = 2100$ MPa, $x = 0,28$, e velocità di taglio costante $v_c = 240$ m/min, si ricavano le forze necessarie alle due operazioni e la potenza di taglio necessaria alla lavorazione.
- Considerando un numero di giri costante per l'operazione di sfacciatura $n = 1300$ giri/min ed una velocità di taglio $v_c = 250$ m/min per la tornitura interna, si ricavi il tempo di contatto utensile-pezzo durante la lavorazione.
- Siano dati i seguenti punti sperimentali di velocità di taglio e vita utile: $v_{c,1} = 200$ m/min, $v_{c,2} = 260$ m/min, $T_1 = 8,7$ min e $T_2 = 2,5$ min. Si ricavi la velocità di taglio necessaria ad ottenere una vita utile di **280 secondi**.
- Dopo opportune modifiche alla velocità di taglio, la vita utile dell'utensile è di 5 minuti ed il tempo di contatto totale diventa 40 secondi. Si ricavi il numero di cambi tagliente ed il costo totale associato agli utensili necessari alla produzione di un lotto di 110 pezzi sapendo che il cambio tagliente può avvenire solo quando la lavorazione di un pezzo è terminata. L'inserto è composto da 4 taglienti ed ha un costo di **4 €**. Lo stelo costa 100€ e può essere utilizzato per 200 cambi tagliente.

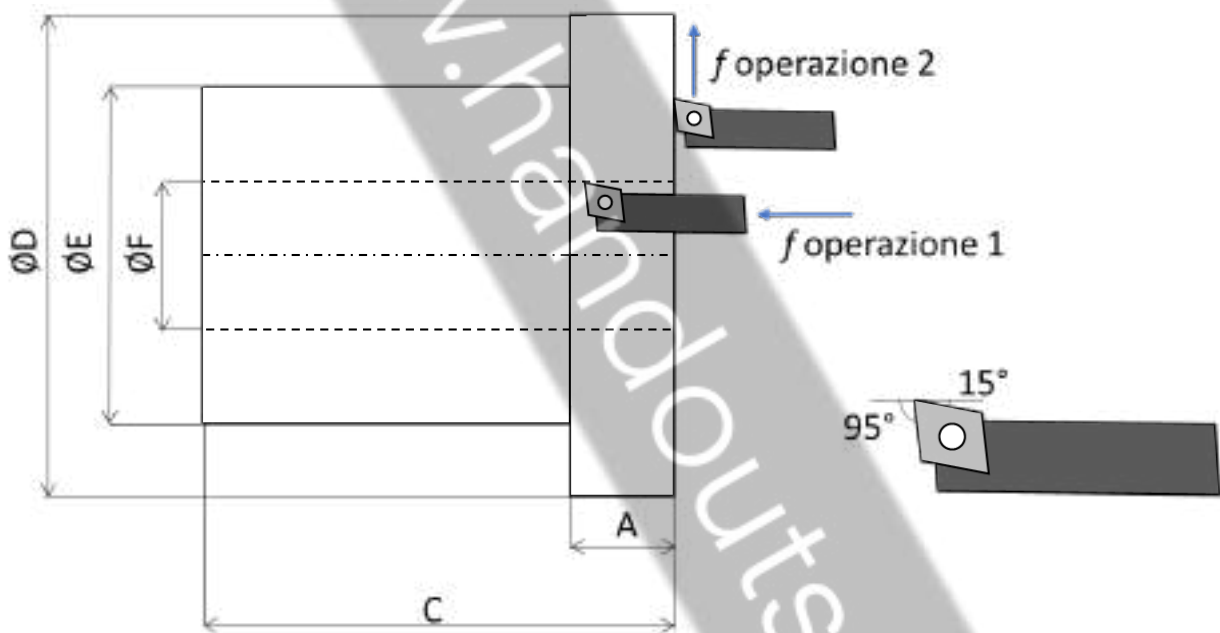


Figura 1 Disegno del pezzo finito e dell'utensile

Tecnologia Meccanica e Qualità

Matricola	Cognome	Nome	Data
			01/09/2020

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 70 min (1h e 10 min).

QUESITO QUALITÀ (10 punti)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	LCS (carta I)	1			
	LC (carta I)	1			
	LCI (carta I)	1			
	LCS (carta MR)	1			
	LC (carta MR)	1			
	LCI (carta MR)	1			
	Numero campioni prima di un falso allarme	1			
DOMANDA B	Deviazione standard di processo	1			
	Probabilità di allarme al primo campione successivo allo spostamento della media	2			

QUESITO DEFORMAZIONE (9 punti)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Energia specifica	1,5			
	Rapporto di trafilatura limite	1			
DOMANDA B	Coefficiente n limite	1,5			
	Forza	1			
DOMANDA C	Tempo di lavorazione	2			
	Numero stadi	2			

QUESITO ASPORTAZIONE (11 punti)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Forza tornitura interna (operazione 1)	1,25			
	Forza sfacciatura (operazione 2)	1,25			
	Potenza necessaria	1			
DOMANDA B	Tempo di contatto lavorazione	3			
DOMANDA C	Velocità di taglio	3			
DOMANDA D	Numero cambi tagliente (lotto)	0,5			
	Costo totale utensili (lotto)	1			

www.handouts.it

SOLUZIONE

QUESITO QUALITA'

a. Progettazione carte

Si progettano le carte I-MR. Dai dati si stima il valore della media e della deviazione standard:

$$\hat{\mu}_0 = \bar{X} = 0,508 \text{ mm}$$

$$\overline{MR} = 0,136 \text{ mm}$$

$$\hat{\sigma}_0 = \frac{\overline{MR}}{d_2(2)} = \frac{0,136}{1,128} = 0,121 \text{ mm}$$

Per la carta I:

$$LCS = \hat{\mu}_0 + k \cdot \hat{\sigma}_0 = 0,508 + 3 \cdot 0,121 = 0,871 \text{ mm}$$

$$LC = \hat{\mu}_0 = 0,508 \text{ mm}$$

$$LCI = \hat{\mu}_0 - k \cdot \hat{\sigma}_0 = 0,508 - 3 \cdot 0,121 = 0,145 \text{ mm}$$

Per la carta MR:

$$LCS = \overline{MR} + k \cdot d_3(2) \cdot \hat{\sigma}_0 = 0,136 + 3 \cdot 0,853 \cdot 0,121 = 0,446 \text{ mm}$$

$$LC = \overline{MR} = 0,136 \text{ mm}$$

$$LCI = \max\{\overline{MR} - k \cdot d_3(2) \cdot \hat{\sigma}_0, 0\} = \max\{0,136 - 3 \cdot 0,853 \cdot 0,121, 0\} = 0 \text{ mm}$$

Il numero di campioni prima di un falso allarme si ricava dalla probabilità di falso allarme (errore di primo tipo):

$$\alpha = P[X \notin [LCI, LCS] | \mu = \mu_0, \hat{\sigma}_0] = 1 - \text{Prob}\left[Z \leq \frac{LCS - \hat{\mu}_0}{\hat{\sigma}_0}\right] + \text{Prob}\left[Z \leq \frac{LCI - \hat{\mu}_0}{\hat{\sigma}_0}\right] = 1 - \phi[k] + \phi[-k]$$

Per simmetria:

$$\alpha = (1 - \phi[k]) \cdot 2 = (1 - \phi[3]) \cdot 2 = (1 - 0,99865) \cdot 2 = 0,0027$$

Quindi:

$$ARL_{H0} = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{0,0027} = 370,4 \text{ campioni} \rightarrow 371 \text{ campioni}$$

b. Deviazione standard e probabilità di allarme

La deviazione standard di processo si ricava dai limiti della carta I:

$$LCS = LC + k \cdot \sigma_0$$

$$\sigma_0 = \frac{LCS - LC}{k} = \frac{0,8 - 0,45}{2,8} = 0,125 \text{ mm}$$

Alternativamente:

$$LCI = \mu_0 - k \cdot \sigma_0 = LC - k \cdot \sigma_0$$

$$\sigma_0 = \frac{LC - LCI}{k} = \frac{0,45 - 0,1}{2,8} = 0,125 \text{ mm}$$

Assumendo uno scostamento $\Delta\mu = 2,1 \cdot \sigma_0 = 0,263$ mm dal valore della media $\mu_0 = 0,45$ mm e varianza immutata, la probabilità $1 - \beta$ di osservare un allarme è:

$$1 - \beta = P[X \notin [LCL, LCS] | \mu' = \mu_0 + \Delta\mu, \sigma_0] = 1 - \phi\left[\frac{LCS - \mu_0 - \Delta\mu}{\sigma_0}\right] + \phi\left[\frac{LCL - \mu_0 - \Delta\mu}{\sigma_0}\right]$$

$$1 - \beta = 1 - \phi\left[\frac{0,8 - 0,45 - 0,263}{0,125}\right] + \phi\left[\frac{0,1 - 0,45 - 0,263}{0,125}\right] = 1 - \phi[0,696] + \phi[-4,904]$$

$$\approx 1 - \phi[0,70] + \phi[-4,90] = 1 - 0,75803 + 0 = 0,24197$$

QUESITO DEFORMAZIONE

a. Energia di deformazione

Nel caso di materiale con incrudimento ($\sigma = K\varepsilon^n$), il rapporto di trafilatura R ottenibile in uno stadio è:

$$R \leq e^{n+1} = e^{0,25+1} = 3,49 = R_{limite}$$

Dove R_{limite} rappresenta la condizione limite.

In questo caso la lavorazione può avvenire in un solo stadio poiché la condizione è verificata:

$$R = \frac{A_0}{A_f} = \frac{10^2}{8^2} = 1,56 < R_{limite}$$

Trascurando gli attriti, l'energia specifica necessaria è:

$$u = \frac{K\varepsilon_1^{n+1}}{n+1} = \frac{K(\ln R)^{n+1}}{n+1} = \frac{350 \cdot \ln(1,56)^{0,25+1}}{0,25+1} \cdot \frac{1}{1000} = 0,102 \frac{\text{J}}{\text{mm}^3}$$

b. Lavorazione singolo stadio

Nel caso di materiale con incrudimento ($\sigma = K\varepsilon^n$), il rapporto di trafilatura R ottenibile in uno stadio è:

Imponendo $R = e^{n+1}$, e ricavando n_{limite} :

$$\ln(R) = n + 1$$

Siano A_0 e A_f rispettivamente l'area iniziale e finale:

$$n_{limite} = \ln(R) - 1 = \ln\left(\frac{A_0}{A_f}\right) - 1 = \ln\left(\frac{10^2}{5^2}\right) - 1 = 0,39$$

Di conseguenza, la forza necessaria per trafilare (trascurando gli attriti) è:

$$F = \bar{Y} \cdot \ln(R) \cdot A_f = \frac{K\varepsilon^{n+1}}{n+1} \cdot \frac{\pi d_f^2}{4} = \frac{350 \cdot \ln\left(\frac{10^2}{5^2}\right)^{0,39+1}}{1+0,39} \cdot \frac{\pi 5^2}{4} = 7785 \text{ N}$$

c. Numero stadi

Trascurando lo spazio tra stadi successivi, il tempo necessario per realizzare il filo di $\ell_0 = 100$ m è:

$$T = t_{c/s} + \frac{\ell_f}{v_f} = t_{c/s} + \frac{\ell_0 d_0^2}{d_f^2 v_f} = 2 + \frac{100 \cdot 10^2}{2^2 \cdot 3} \cdot \frac{1}{60} = 15,89 \text{ min}$$

Siano m gli stadi richiesti, ipotizzando un rapporto di trafilatura R costante per ogni stadio, si ottiene:

$$A_f = A_0 R^m$$

Imponiamo $R = R_{max} = 3$ e ricaviamo:

$$A_f = A_0 R_{max}^m$$

$$m = \frac{\ln\left(\frac{A_0}{A_f}\right)}{\ln(R_{max})} = \frac{\ln\left(\frac{10^2}{2^2}\right)}{\ln(3)} = [2,93] = 3$$

QUESITO ASPORTAZIONE

a. Potenza

Si ricava la forza necessaria ad ogni operazione (operazione 1: tornitura cilindrica interna; operazione 2: sfacciatura):

$$F_c = k_{c04} \left(\frac{0,4}{\sin K} \right)^x a_p f^{1-x}$$

$$F_c(\text{operazione 1}) = 2100 \left(\frac{0,4}{\sin 95} \right)^{0,28} 1,5 \cdot 0,1^{1-0,28} = 464,9 \text{ N}$$

$$F_c(\text{operazione 2}) = 2100 \left(\frac{0,4}{\sin 105} \right)^{0,28} 1,5 \cdot 0,1^{1-0,28} = 468,9 \text{ N}$$

La potenza si ricava come:

$$P_c = F_c \cdot v_c$$

La potenza necessaria è quella necessaria per l'operazione più critica, in questo caso la sfacciatura:

$$P_c = F_c(\text{operazione 2}) \cdot v_c = 468,9 \cdot \frac{240}{60} = 1876 \text{ W}$$

b. Tempo di contatto

Il tempo di contatto fra utensile e pezzo durante la lavorazione risulta:

$$T_{\text{contatto}} = \frac{c}{f \cdot n}$$

Il numero di giri per la tornitura interna (operazione 1):

$$n(\text{operazione 1}) = \frac{v_c}{\pi F} = \frac{1000 \cdot 250}{\pi \cdot 40} = 1989 \text{ giri/min}$$

Quindi il tempo di contatto (operazione 1: tornitura cilindrica interna; operazione 2: sfacciatura):

$$T_{\text{contatto}} = \frac{C}{f \cdot n(\text{operazione 1})} + \frac{\frac{D-F}{2}}{f \cdot n(\text{operazione 2})} = \frac{140}{0,1 \cdot 1989} + \frac{\frac{120-40}{2}}{0,1 \cdot 1300} = 1,01 \text{ min}$$

c. Velocità di taglio

Dai dati si ricavano i coefficienti C e n della relazione di Taylor come:

$$n_{\text{Taylor}} = \frac{\ln \left(\frac{v_1}{v_2} \right)}{\ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)} = \frac{\ln \left(\frac{200}{260} \right)}{\ln \left(\frac{2,5}{8,7} \right)} = 0,21$$

$$C_{\text{Taylor}} = v_1 \cdot T_1^{n_{\text{Taylor}}} = 200 \cdot 8,7^{0,21} = 315 \text{ m/min}$$

o, alternativamente:

$$C_{\text{Taylor}} = v_2 \cdot T_2^{n_{\text{Taylor}}} = 260 \cdot 2,5^{0,21} = 315 \text{ m/min}$$

Considerando una durata $T = 280 \text{ s}$, dalla relazione di Taylor, si ricava:

$$v_c = \frac{C_{\text{Taylor}}}{T^{n_{\text{Taylor}}}} = \frac{315}{\left(\frac{280}{60} \right)^{0,21}} = 228 \text{ m/min}$$

d. Utensili

Considerando il vincolo sul cambio tagliente, ogni tagliente può effettuare i seguenti pezzi:

$$m = \left\lfloor \frac{T}{T_{c,tot}} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{5}{\left(\frac{40}{60} \right)} \right\rfloor = [7,5] = 7 \text{ pezzi}$$

Quindi occorrono i seguenti cambi tagliente per poter eseguire un lotto di 110 pezzi:

$$n_t = \left\lceil \frac{110}{m} \right\rceil = \left\lceil \frac{110}{7} \right\rceil = [15,7] = 16 \text{ cambi}$$

Avendo ogni inserto 4 taglienti, il costo del tagliente è $c_{tagliente} = 1\text{€}$. Considerando che lo stelo può essere utilizzato per 200 cambi tagliente, il costo, associato alla produzione del lotto, per gli utensili è:

$$C_{tot} = c_{tagliente} \cdot n_t + \frac{c_{stelo}}{200} \cdot n_t = 1 \cdot 16 + \frac{100}{200} \cdot 16 = 24\text{€}$$

www.handouts.it