Tecnologia Meccanica e Qualità
01/02/2019

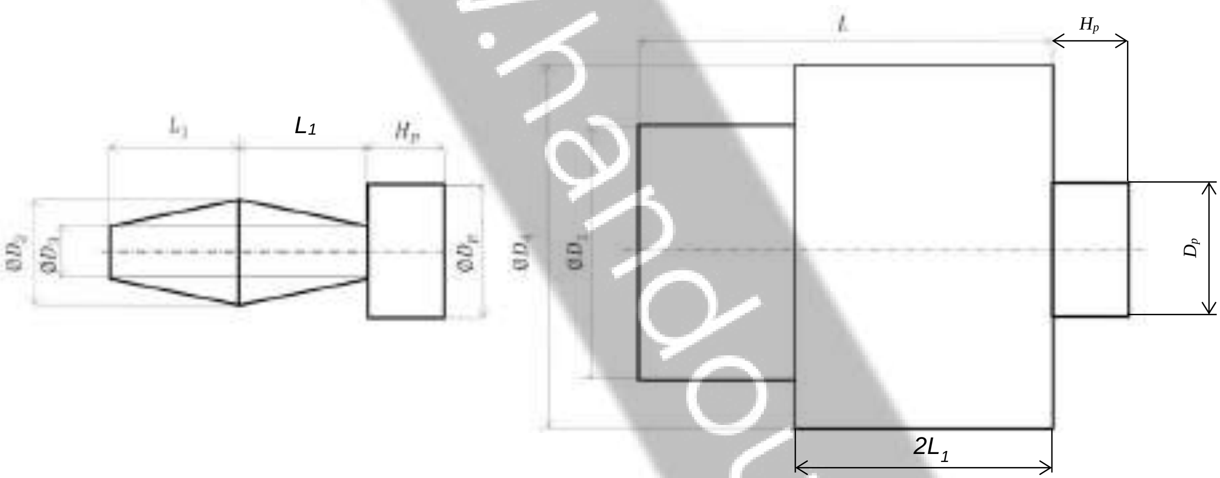
Note:

- 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 <u>in penna</u> tutti i risultati numerici richiesti sul foglio allegato;
- Svolgimento 1h 30 min.

QUESITO 1 (7,5 PUNTI)

Sia dato un pezzo in acciaio prodotto tramite processo di fusione in terra. In figura sono rappresentati modello (destra) e anima (sinistra) necessari per ottenere il getto. Dimensioni: $L = 300\ \text{mm}, L_1 = 70\ \text{mm}, D_1 = 120\ \text{mm}, D_2 = 60\ \text{mm}, D_3 = 40\ \text{mm}, D_4 = 310\ \text{mm}$.

a. Si dimensioni il diametro minimo della portata d'anima al fine di assicurarne la stabilità in fase di creazione della forma. Altezza portata d'anima $H_p = 60\ \text{mm}$.
b. Si calcoli il modulo termico della parte avente diametro D_1.
c. Sapendo che 2 mm di sovrametallo verranno rimossi mediante asportazione di truciolo da tutta la superficie del grezzo, quali saranno le dimensioni L e D_4 del pezzo finale? (Ritiro 1%)



QUESITO 2 (8,5 PUNTI)

Si vuole produrre una lamiera di spessore pari a 25 mm a partire da un grezzo di spessore 30 mm e larghezza pari a 200 mm. Il materiale è perfettamente plastico, con tensione di flusso pari a 35 MPa. Si utilizzeranno rulli di diametro pari a 360 mm, larghezza 1 m, e velocità periferica pari a 2 m/s.

a. Trascurando l'attrito, si calcoli la potenza necessaria ad eseguire la lavorazione e la forza esercitata dai rulli.
b. Qual è il lavoro necessario a produrre 1000 m di lamiera? Si supponga che la sezione neutra si trovi in corrispondenza della altezza media del laminando.
c. Ipotizzando che i rulli si inflettano allo stesso modo di una barra fissata tra punta e contropunta, che il laminatoio sia di tipo duo, e che il materiale costituente i rulli abbia modulo di elasticità pari a 200000 MPa, qual è lo spessore effettivo che possiamo aspettarci di osservare al centro della lamiera prodotta? Si supponga la forza di laminazione pari a 200 kN.
d. Se è presente un attrito di coefficiente pari a 0,35, qual è la variazione massima di spessore possibile col laminatoio considerato e imbocco naturale?

www.handouts.it

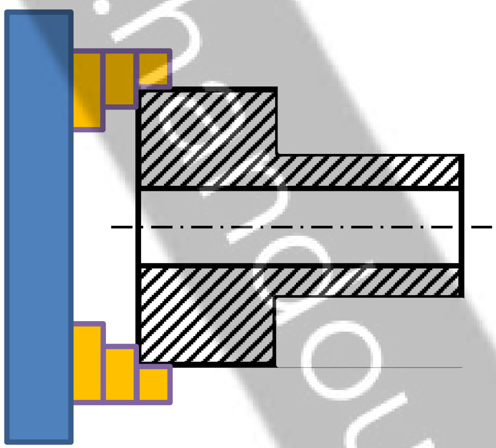
QUESITO 3 (8 PUNTI)

Un’azienda che produce cavi utilizza una carta di controllo per monitorare la frazione di bobine non conformi ispezionandone ogni giorno 100. La carta di controllo progettata dal dipartimento Controllo Qualità è la seguente: LCI = 0, LC = 0,025, LCS = 0,065.

a. Qual è la deviazione standard della frazione di bobine non conformi?
b. Qual è la probabilità di non accorgersi che la frazione di bobine non conformi è aumentata del 90%?
c. Qual è frazione di non conformi per cui la carta di controllo è caratterizzata da un errore di secondo tipo pari a 0,5?
d. Qual è il numero medio di campioni che bisogna attendere prima che la carta segnali un falso allarme?
e. Si decide di aumentare la dimensione campionaria da 100 a 150 e si osserva che la frazione media di non conformi rimane invariata. Usando la stessa K della carta di controllo precedente, quanto valgono i nuovi limiti di controllo?

QUESITO 4 (6 PUNTI)

La cavità interna di un disco di ghisa viene lavorata al tornio con un’operazione di finitura. Il disco è serrato utilizzando un mandrino autocentrante, secondo lo schema qualitativo riportato in figura. La profondità del foro è pari a 100 mm, il diametro finale è pari a 80 mm, e il diametro iniziale è pari a 79 mm. L’avanzamento selezionato è pari a 0,08 mm/giro. L’utensile di finitura ha angoli del tagliente primario ψ_r e secondario ψ_r' pari rispettivamente a 0° e 80°, e raggio di punta pari a 0,8 mm. È noto inoltre che la pressione di taglio è pari a 2850 MPa e il coefficiente *x* è pari a 0,285.



Si richiede di:

a. Calcolare la forza di taglio.
b. Determinare la pressione specifica di taglio.
c. Calcolare il tempo di lavorazione, tenendo conto di una velocità di taglio pari a 210 m/min e di extra-corsa in ingresso e in uscita ciascuna pari a 2 mm, e supponendo di lavorare l’intera profondità del foro.
d. Quale sarà la velocità di taglio che garantisce una durata dell’utensile pari a 1 min.? (Costanti di Taylor: C = 250, n = 0,122).

www.handouts.it

Tecnologia Meccanica e Qualità

01/02/2019

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 (7,5 PUNTI)

		Punti	**Valore**	**Unità di misura**	**NC***
DOMANDA A	Distanza del baricentro dell'anima immersa dalla portata d'anima	1			
	Diametro minimo portata d'anima	2			
DOMANDA B	Modulo termico	2			
DOMANDA C	Diametro massimo pezzo finale (precisione al [μm])	1,25			
	Lunghezza complessiva pezzo finale (precisione al [μm]))	1,25			

QUESITO 2 (8,5 PUNTI)

		Punti	**Valore**	**Unità di misura**	**NC***
DOMANDA A	Forza di laminazione	1,5			
	Potenza di laminazione	1,5			
DOMANDA B	Lavoro di laminazione necessario	2			
DOMANDA C	Effettivo spessore al centro della lamiera	2			
DOMANDA D	Massima variazione di spessore con imbocco naturale	1,5			

www.handouts.it

QUESITO 3 (8 PUNTI)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Deviazione standard	1			
DOMANDA B	Probabilità dell'errore del 2° tipo	1,5			
DOMANDA C	Frazione di difettosi	1,5			
DOMANDA D	Numero medio di campioni prima di un falso allarme	1,5			
DOMANDA E	LCI	1			
	LC	0,5			
	LCS	1			

QUESITO 4 (6 PUNTI)

		Punti	Valore	Unità di misura	NC*
DOMANDA A	Forza di taglio	1,25			
DOMANDA B	Pressione di taglio specifica	2			
DOMANDA C	Tempo di lavorazione	1,5			
DOMANDA D	Velocità di taglio	1,25			

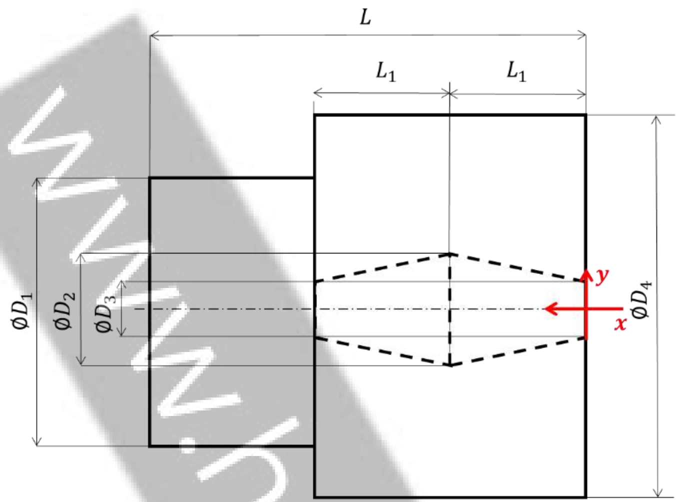
www.handouts.it

SOLUZIONE

QUESITO 1

a. Dimensionamento portata d'anima.

Considerando il sistema di riferimento come in figura, per simmetria, il baricentro dell'anima si trova a x_a =70 mm e $y_a = 0$ mm.



Il volume dell'anima si ricava come:

$$V_a = \frac{\pi}{3}\left(\frac{D_2^2}{4}+\frac{D_3^2}{4}+\frac{D_2 D_3}{4}\right)L_1 \cdot 2 = \frac{\pi}{3}\left(\frac{60^2}{4}+\frac{40^2}{4}+\frac{40\cdot 60}{4}\right)70\cdot 2 = 278555\ \mathrm{mm}^3$$

Il volume della portata d'anima sarà pari a:

$$V_p = \frac{\pi D_p^2}{4} H_p$$

Imponendo l'equilibrio si ottiene:

$$x_a V_a = \frac{H_p}{2} V_p$$

Ricavando quindi:

$$D_p \geq \sqrt{\frac{8\ x_a V_a}{\pi H_p^2}} = \sqrt{\frac{8\cdot 70\cdot 278555}{\pi 60^2}} = 117{,}5\ \mathrm{mm}$$

b. Calcolo modulo termico.

Il volume della parte cilindrica considerata:

$$V_1 = \frac{\pi D_1^2}{4}(L-2L_1) = \frac{\pi 120^2}{4}(300-2\cdot 70) = 1809557 \mathrm{mm}^3$$

La superficie di scambio termico:

$$S_1 = \frac{\pi D_1^2}{4}+\frac{\pi D_3^2}{4}+\pi D_1(L-2L_1) = \frac{\pi 120^2}{4}+\frac{\pi 40^2}{4}+\pi 120(300-2\cdot 70) = 72885\ \mathrm{mm}^2$$

www.handouts.it

Il modulo termico risulta essere:

$$M_1 = \frac{V_1}{S_1} = \frac{1809557}{72885} = 24{,}8 \text{ mm}$$

c. Sapendo che 2 mm di sovrametallo verranno rimossi mediante asportazione di truciolo da tutta la superficie del grezzo, quali saranno le dimensioni L e D_4 del pezzo finale? (Ritiro 1%)

Il problema è l'inverso del dimensionamento del modello. Procedendo quindi eliminando il ritiro e sottraendo il sovrametallo, otteniamo le dimensioni finali pezzo:

$$D'_4 = \frac{D_4}{1+r} - 2 \cdot s = \frac{310}{1+0{,}01} - 2 \cdot 2 = 302.931 \text{ mm}$$

$$L' = \frac{L}{1+r} - 2 \cdot s = \frac{300}{1+0{,}01} - 2 \cdot 2 = 293.030 \text{ mm}$$

QUESITO 2

a. Trascurando l'attrito, si calcoli la potenza necessaria ad eseguire la lavorazione e la forza esercitata dai rulli.

Per calcolare la potenza e la forza, calcoliamo i vari termini di cui abbiamo bisogno.

$$P = 2C\omega = \frac{2FL\omega}{2} = FL\omega$$

$$F = \frac{2}{\sqrt{3}} YbL$$

$$L = \sqrt{\frac{D}{2}\Delta h} = \sqrt{\frac{360}{2}(30-25)} = 30 \text{ mm}$$

$$\omega = \frac{v_c}{D/2} = \frac{2 \cdot 1000}{360/2} = 11{,}11 \text{ rad/s}$$

Sostituendo ora a ritroso, otteniamo

$$F = \frac{2}{\sqrt{3}} YbL = \frac{2}{\sqrt{3}} 35 \cdot 200 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 242 \text{ kN}$$

$$P = FL\omega = 242 \cdot 10^3 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 11{,}11 = 80{,}8 \text{ kW}$$

b. Qual è il lavoro necessario a produrre 1000 m di lamiera? Si supponga che la sezione neutra si trovi in corrispondenza della altezza media del laminando.

Il lavoro di laminazione necessario può essere calcolato come:

$$L = P \cdot t_{lam} = \frac{2}{\sqrt{3}} Y \frac{\Delta h}{h_m} V$$

Essendo $h_m = (h_e + h_u)/2$ l'altezza media del laminando, che si trova, come da ipotesi, in corrispondenza della sezione neutra. Pertanto, considerando nullo l'allargamento della lamiera:

$$h_m = \frac{h_e + h_u}{2} = \frac{20+25}{2} = 27{,}5 \text{ mm}$$

$$V = h_u l_u b = 25 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot 200 = 5 \cdot 10^9 \text{ mm}^3$$

www.handouts.it

E quindi

$$L = \frac{2}{\sqrt{3}} Y \frac{\Delta h}{h_m} V = \frac{2}{\sqrt{3}} 35 \cdot 10^{-3} \frac{30 - 25}{27{,}5} 5 \cdot 10^{9} \cdot 10^{-6} = 36{,}74 \text{ MJ}$$

c. Ipotizzando che i rulli si inflettano allo stesso modo di una barra fissata tra punta e contropunta, che il laminatoio sia di tipo duo, e che il materiale costituente i rulli abbia modulo di elasticità pari a 200000 MPa, qual è lo spessore effettivo che possiamo aspettarci di osservare al centro della lamiera prodotta? Si supponga la forza di laminazione pari a 200 kN.

A causa della forza di compressione necessaria a deformare il grezzo, i due rulli si inflettono, "allontanandosi" dalla loro posizione originale e quindi generando una lamiera più spessa al centro rispetto al valore nominale. Essendo due i rulli da considerare, lo spessore finale della lamiera sarà pari a

$$h_{u,eff} = h_u + 2I$$

Dove I è l'inflessione del singolo rullo, che può essere calcolata come

$$I = \frac{1}{48} \frac{FL^3}{EJ}$$

il momento d'inerzia, unico valore non riportato nel testo, è ricavabile come

$$J = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi 360^4}{64} = 8{,}24 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

E quindi

$$I = \frac{1}{48} \frac{FL^3}{EJ} = \frac{1}{48} \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1000^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 8{,}24 \cdot 10^8} = 0{,}0253 \text{ mm}$$

$$h_{u,eff} = h_u + 2I = 25 + 2 \cdot 0{,}0253 = 25{,}051 \text{ mm}$$

d. Se è presente un attrito di coefficiente pari a 0,35, qual è la variazione massima di spessore possibile col laminatoio considerato e imbocco naturale?

Affinché si abbia imbocco naturale deve essere

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

Da cui, in condizioni limite,

$$\Delta h_{max} = \mu^2 R = 0{,}35^2 \cdot \frac{360}{2} = 22{,}05 \text{ mm}$$

Da notare che la lavorazione proposta è fattibile con imbocco naturale.

QUESITO 3

a. Qual è la deviazione standard della frazione di bobine non conformi?

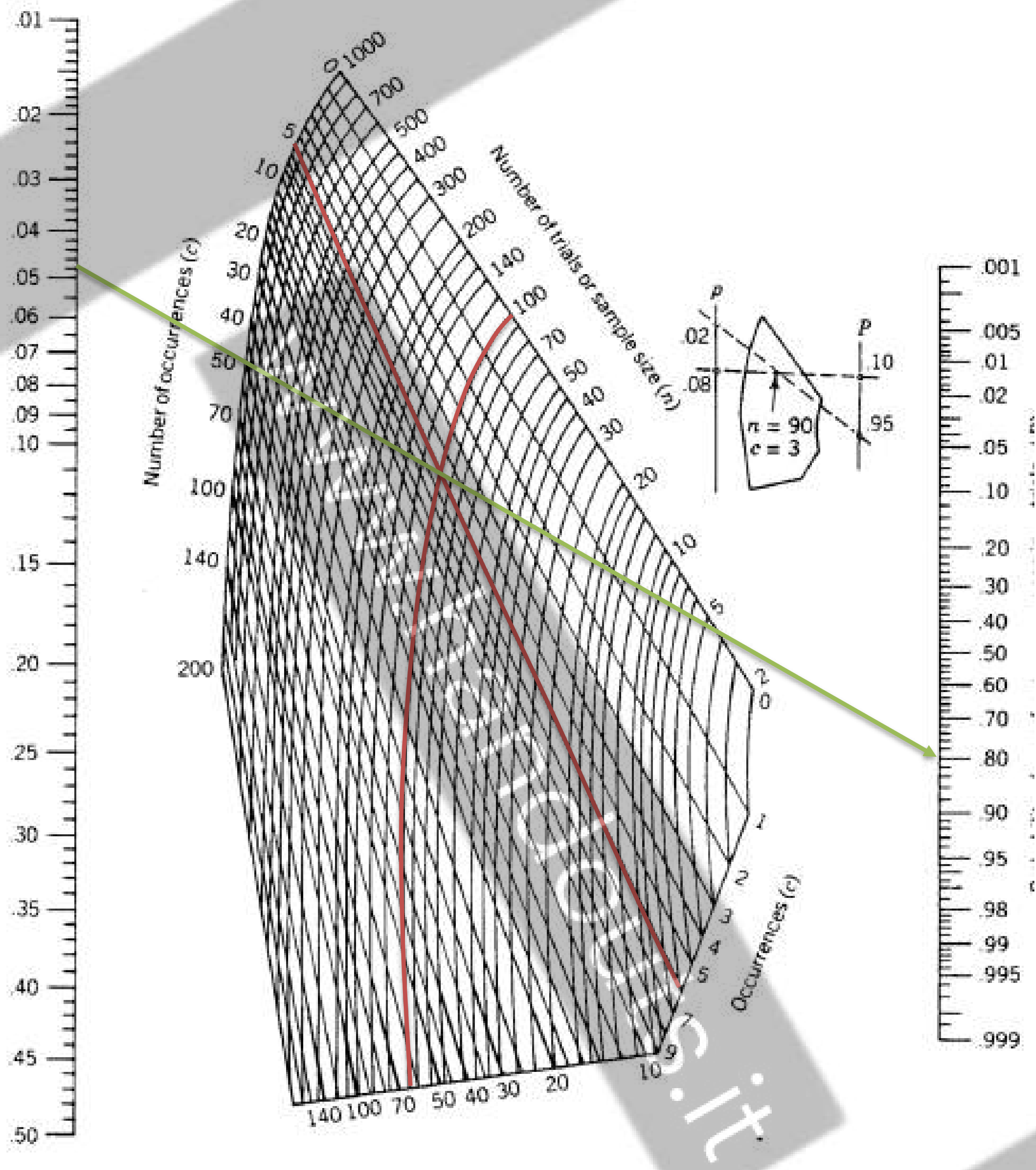
Nota la linea centrale $LC = \bar{p} = 0{,}025$ e la dimensione campionaria $n = 100$, è possibile calcolare la deviazione standard come:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} = \sqrt{\frac{0{,}025(1 - 0{,}025)}{100}} = 0{,}0156$$

b. Qual è la probabilità di non accorgersi che la frazione di bobine non conformi è aumentata del 90%?

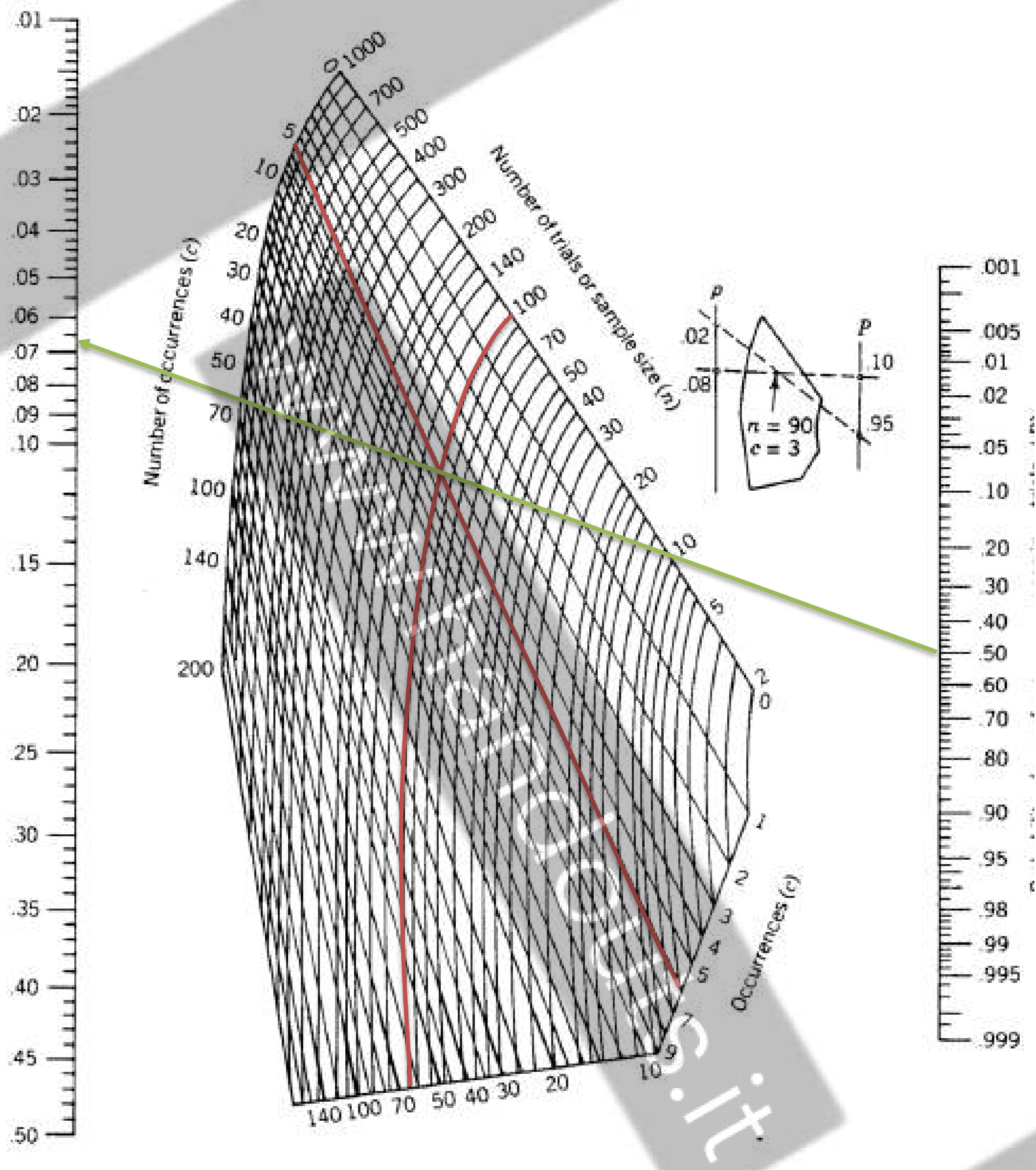
Sapendo che $p' = 1{,}9\,\bar{p} = 0{,}475$, $n = 100$ e $[nLCS] = 6$, si può calcolare l'errore di secondo tipo della carta di controllo utilizzando il nomogramma. Si ricava: $\beta = 0{,}802$.

www.hangouts.it



c. Qual è frazione di non conformi per cui la carta di controllo è caratterizzata da un errore di secondo tipo pari a 0,5?

Sapendo che $\beta = 0{,}5$, $n = 100$ e $[nLCS] = 6$, utilizzando il nomogramma si ricava $p' = 0{,}0665$

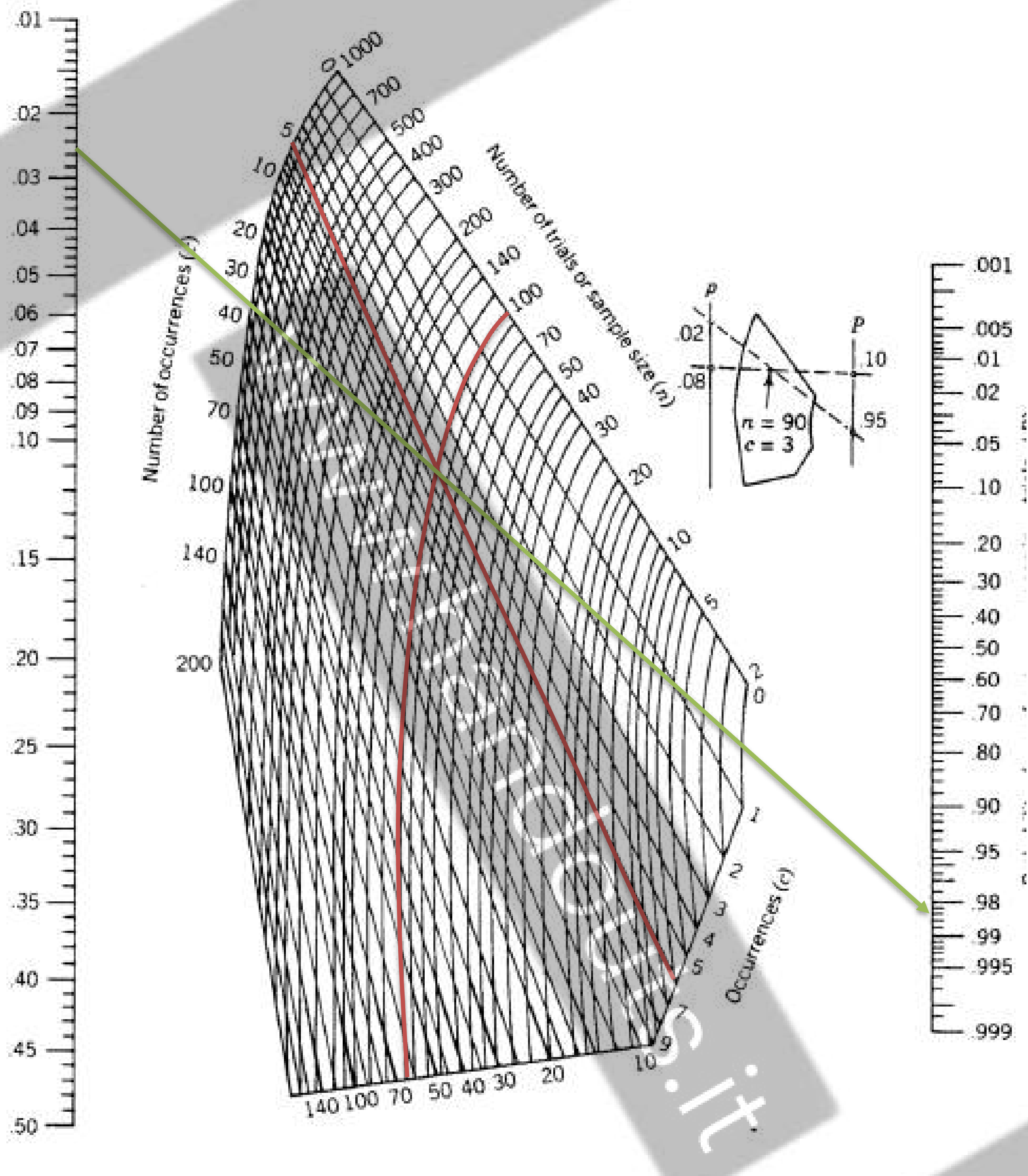


d. Qual è il numero medio di campioni che bisogna attendere prima che la carta segnali un falso allarme?

Sapendo che $p = 0{,}025$, n=100 e [nLCS]=6, utilizziamo il nomogramma per ricavare $P(d \leq [nLCS]) = P(d \leq [6]) = 0{,}98702$ (essendo il limite di controllo inferiore pari a 0, risulta $\alpha_{inf} = 0$). Da questo ricaviamo:

$$\alpha = \alpha_{sup} = P(d > [nLCS]) = 1 - P(d \leq [nLCS]) = 1 - 0{,}98702 = 0{,}01298$$

da cui $ARL_0 = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{0{,}01298} = 77{,}056$, cioè circa 77 campioni.



e. Si decide di aumentare la dimensione campionaria da 100 a 150 e si osserva che la frazione media di non conformi rimane invariata. Usando la stessa K della carta di controllo precedente, quanto valgono i nuovi limiti di controllo?

Il valore di K della carta di controllo precedente può essere ottenuto a partire dai limiti ricordando che $LC = \bar{p} = 0{,}025$, ed è pari a

$$k = \frac{LCS - LC}{\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}} = \frac{0{,}065 - 0{,}025}{\sqrt{\frac{0{,}025(1-0{,}025)}{100}}} = 2{,}5621$$

Mantenendo invariati $LC = \bar{p} = 0{,}025$ e $k = 2{,}5621$, ma passando da $n = 100$ a $n = 150$ è possibile calcolare i nuovi limiti di controllo come segue:

$$LCI = \max\left\{0; \bar{p} - K\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}\right\} = \max\left\{0; 0{,}025 - 2{,}5621\sqrt{\frac{0{,}025(1-0{,}025)}{150}}\right\} = 0$$

$$LC = \bar{p} = 0.025$$

$$LCS = \bar{p} + K\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0{,}025 + 2{,}5621\sqrt{\frac{0{,}025(1-0{,}025)}{150}} = 0{,}05766$$

QUESITO 4

a. Calcolare la forza di taglio.

La forza di taglio può essere ricavata dalla pressione di taglio e dalla sezione di truciolo come

$$F_c = k_c a_p f$$

Di questi termini l'unico mancate è a_p, ottenibile dai diametri iniziale e finale: ricordando che la lavorazione è interna, si ha

$$a_p = \frac{D_f - D_i}{2} = \frac{80 - 79}{2} = 0{,}5 \text{ mm}$$

E quindi

$$F_c = k_c a_p f = 2850 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}08 = 114 \text{ N}$$

b. Determinare la pressione specifica di taglio.

Secondo il modello di Kronenberg la pressione di taglio vale

$$k_c = \frac{k_{cs}}{h_D^x}$$

Ricordando che, essendo $\kappa = 90° - \psi = 90° - 0° = 90°$, lo spessore di truciolo è pari all'avanzamento, possiamo ricavare

$$k_{cs} = k_c f^x = 2850 \cdot 0{,}08^{0{,}285} = 1387 \text{ MPa}$$

c. Calcolare il tempo di lavorazione, tenendo conto di una velocità di taglio pari a 210 m/min e di extra-corsa in ingresso e in uscita ciascuna pari a 2 mm, e supponendo di lavorare l'intera profondità del foro.

Il tempo della lavorazione è pari a

$$T_m = \frac{L + e_{c,in} + e_{c,out}}{fn}$$

Ricaviamo il numero di giri del mandrino come

$$n = \frac{v_c}{\pi D_f} = \frac{1000 \cdot 210}{80\pi} = 836 \text{ giri/min}$$

Da cui, il tempo di lavorazione è pari a

$$T_m = \frac{L + e_c}{fn} = \frac{100 + 2 + 2}{0{,}08 \cdot 836} = 1{,}56 \text{ min}$$

www.handouts.it

d. Quale sarà la velocità di taglio che garantisce una durata dell'utensile pari a 1 min.? (Costanti di Taylor: C = 250, n = 0,122).

Invertendo la relazione di Taylor $v_c T^n = C$, otteniamo

$$V_c = \frac{C}{T^n} = \frac{250}{1^{0,122}} = 250 \text{ m/min}$$

www.handouts.it