

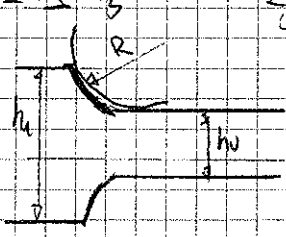
1) $\sigma_0 = 500 \text{ MPa}$ tensione di σ def. basso
 LAMINAZIONE

$m = 0.8$ esponente di inaridimento

$\Delta h = 30\%$ $h_1 = 50 \text{ mm}$

$e_1 = 3 \text{ mm}$ $b = 500 \text{ mm}$ Acciaio

$v_0 = 1 \text{ m/s}$ $D = 600 \text{ mm}$ diametro cilindro laminazione



Pmeccanica?

Elasticità dello steel?

legge di Fimre: $L_{id} = V \cdot \bar{\sigma}_m \cdot \bar{E}$ con $v = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$

$P_{id} = \frac{A_1 \cdot v_1 \cdot \bar{\sigma}_m \cdot \bar{E}}{t} = A_1 \cdot v_1 \cdot \bar{\sigma}_m \cdot \bar{E}$

$P_{mecc} = \frac{P_{id}}{\eta_{mecc}} = 0.3$

$P_{trasm} = \frac{P_{id}}{\eta_{trasm}} = 0.75$

$P_{mot} = \frac{P_{trasm}}{\eta_{mot}} = 0.8$

$E_{ass} = \frac{P_{ass}}{t} \text{ [kWh]}$

Bisogna conoscere η_{mecc} , η_{trasm} , η_{motore} !!!

$A_1 = h_1 \cdot b$

$h_2 = h_1 - 30\% \Rightarrow \Delta h = 15 \text{ mm} \Rightarrow h_2 = 35 \text{ mm}$

$A_2 = 17500 \text{ mm}^2$

$\bar{E} = E_m \left(\frac{h_1}{h_2} \right) = E_m \left(\frac{50}{35} \right) = 0.36$

$\bar{\sigma}_m = \sigma_0 \cdot \bar{E}^m \cdot \frac{1}{m+1} = 122 \text{ MPa} = 122 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$V = A_1 \cdot v_1 = b \cdot h_1 \cdot v_1 = 75 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

$L_{id} = 3.3 \cdot 10^6 \text{ J} = 3.3 \text{ MJ}$

$P_{id} = 463 \cdot 10^3 \text{ W} = 463 \text{ kW}$ (le potenze necessarie sono dell'ordine delle centinaia di kW)

$P_{mot} = \frac{P_{id}}{\eta_{mecc} \eta_{trasm} \eta_{mot}} = 1265 \text{ kW}$

Calcolo del tempo di lavorazione:

$t = \frac{V}{v_1} = 6.286 \text{ s} = 0.002 \text{ h}$

$v_1 = v_0 \cdot \frac{h_1}{h_2} = 1.286 \text{ m/s}$

$\Rightarrow E_{ass} = P_{mot} \cdot t = 1.5 \text{ kWh}$

\bar{E} e $\bar{\sigma}$ sono sempre concordi
 in questo caso scenderanno entrambi negativi

ATTENZIONE ALE UNITA' DI MISURA

2) TRAFLETURA

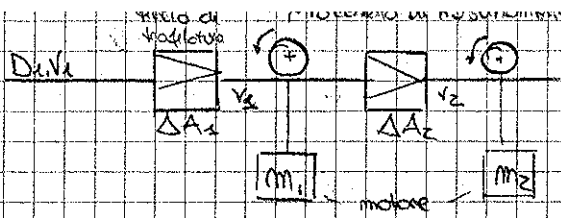
$D_1 = 3 \text{ mm}$ trafletto a freddo in due passaggi con $\Delta A_1 = \Delta A_2 = 20\%$

Dispositivo a rullo di trascinamento con due motori: $P_{m1} = P_{m2} = 4 \text{ kW}$ potenza massima

Calcolare $v_{2,max}$ possibile all'uscita dello secondo filiere

Resistenza alla deformazione: $\sigma_0 = 530 \text{ MPa}$
 $m = 0.26$

La forza di trazione deve essere maggiorata del 10% per passare ai valori reali



$$P_{m2} = F_{T2} \cdot v_2$$

$$v_{2max} = \frac{P_{m2max}}{F_{T2}}$$

$$F_{T2} = F_{D2} \cdot 1.4$$

$$F_{D2} = A_2 \cdot \bar{\sigma}_{m2} \cdot \bar{\epsilon}_2$$

$$A_2 = (A_1 - 20\%) - 20\% = \pi \frac{D_1^2}{4} \cdot 0.8 \cdot 0.8 = 4.54 \text{ mm}^2$$

$$\bar{\epsilon}_2 = \left| \ln \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \right| = \left| \ln \left(\frac{1}{0.8} \right) \right| = 0.22 = \bar{\epsilon}_1$$

$$\bar{\sigma}_{m2} = \frac{1}{\bar{\epsilon}_2} \int_{\bar{\epsilon}_1}^{\bar{\epsilon}_1 + \bar{\epsilon}_2} \bar{\sigma}_0 \cdot \bar{\epsilon}^m d\bar{\epsilon} = \frac{\bar{\sigma}_0}{m+1} \left[(\bar{\epsilon}_1 + \bar{\epsilon}_2)^{m+1} - \bar{\epsilon}_1^{m+1} \right] \cdot \frac{1}{m+1}$$

con $\bar{\epsilon}_1 = \bar{\epsilon}_2 = 0.22$

$$= 396 \text{ MPa}$$

$$\text{Oppure } \bar{\sigma}_{m2} = \frac{\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_2}{2} = \frac{530 \cdot \bar{\epsilon}_1^m + 530 (\bar{\epsilon}_1 + \bar{\epsilon}_2)^m}{2} = 393 \text{ MPa}$$

$$F_{D2} = 4.54 \text{ mm}^2 \cdot 0.22 \cdot 396 \text{ MPa} = 395 \text{ N}$$

$$F_{T2} = 554 \text{ N}$$

$$\Rightarrow v_{2max} = \frac{P_{m2max}}{F_{T2}}$$

non ho tenuto conto del rendimento di trasmissione

$$P_{T2} = P_{m2} \cdot \eta_{trans} = 3 \text{ kW} \quad v_{2max} = \frac{P_{T2max}}{F_{T2}} = 5.4 \text{ m/s}$$

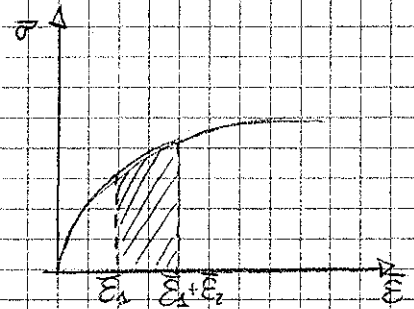
Rimane in ultima vertice da fare: a questa velocità, il primo stadio è in grado di farcela ??

$v_1 \bar{\epsilon} < v_2$, ma la sezione del filo è maggiore

$$P_{T1} = F_{T1} \cdot v_1 < 3 \text{ kW}$$

$$F_{T1} = A_1 \cdot \bar{\sigma}_{m1} \cdot \bar{\epsilon}_1$$

verticale



Dopo il primo passaggio il materiale si ammorbidisce, come dopo il secondo

LAMINAZIONE 2

$b = 900 \text{ mm}$

$h_i = 40 \text{ mm}$

$h_u = 30 \text{ mm}$

$\bar{\sigma} = 530 \cdot \bar{\epsilon}^{0.26}$

$D = 300 \text{ mm}$

$n = 18.5 \text{ rpm}$

$V_i = 16 \text{ m/min}$

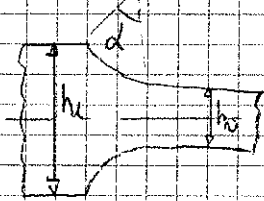
μ ?

V_u ?

P_m ?

condizione d'imbocco $\mu \geq t \cdot d$

condizione di trascinamento $\mu \geq t \cdot \frac{d}{2}$



$d \approx \sqrt{\frac{4h_i}{\pi}} = \sqrt{\frac{h_i - h_u}{0.2}} = \sqrt{\frac{10 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}} = \text{root}$

$\frac{h_i}{h_u} = \frac{V_u}{V_i} \quad V_u = \frac{h_i}{h_u} \cdot V_i = \frac{40}{30} V_i$

LEGGE DI FINK

$L_{rad} = \bar{\sigma}_m \cdot V \cdot \bar{\epsilon}$

$L_r = \frac{L_{rad}}{P_{nom}}$

$P_{rad} = \frac{L_{rad}}{t} = \frac{\bar{\sigma}_m \cdot V \cdot \bar{\epsilon}}{t} = \frac{\bar{\sigma}_m \cdot \rho \cdot A \cdot \bar{\epsilon}}{t} = \bar{\sigma}_m \cdot A \cdot \bar{\epsilon} \cdot V$

$A_u = b \cdot h_i = 900 \cdot 40 \text{ mm}^2$

$\bar{\epsilon} = \rho_n \frac{40}{30} = 0.788 \quad \bar{\sigma}_m = \frac{\bar{\sigma}_0 \cdot \bar{\epsilon}^m}{m+1} = 306$

$P_r = \frac{P_{rad}}{P_{nom}}$

$P_{om} = \frac{P_r}{P_{nom}} \rightarrow 0.75$

TROFILATURA 1

$\bar{\sigma} = 900 \cdot \bar{\epsilon}^{0.18}$

$D_u = 15 \text{ mm}$

$\Delta A = 20\%$

$\Delta L = 30\%$

$V_u = 0.3 \text{ m/s}$

$P_r = ?$

$P_r = \frac{P_{rad}}{P_{tot}} = \frac{A_u \cdot \bar{\sigma}_m \cdot \bar{\epsilon} \cdot V_u}{P_{tot}} = A_u \cdot \bar{\sigma}_m \cdot \bar{\epsilon} \cdot V_u \cdot 1.3$

$A_u = A \cdot 0.8 = \frac{\pi D_u^2}{4} \cdot 0.8$

$\bar{\sigma}_m = \frac{\bar{\sigma}_0 \cdot \bar{\epsilon}^m}{m+1}$

$\bar{\epsilon} = \rho_n \left(\frac{A_u}{A} \right)$

FORATURA 1

$$m_1 = 477 \text{ rpm}$$

$$T_1 = 1 \text{ min}$$

$$a = 0.3 \text{ mm/giro}$$

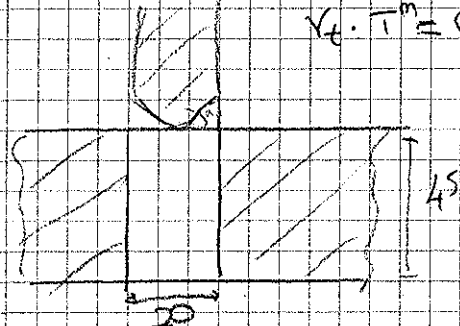
$$m_2 = 318 \text{ rpm}$$

$$T_2 = 6 \text{ min}$$

$$s = 65 \text{ mm}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$V_t \cdot T^m = C$$



$$V_{t1} \cdot T_1^m = C$$

$$V_{t1} = \frac{\pi D m_1}{1000}$$

$$V_{t2} \cdot T_2^m = C$$

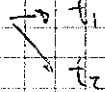
$$V_{t2} = \frac{\pi D m_2}{1000}$$

$$C_{m1} V_{t1} + m C_{m1} T_1 = C_{m1} C$$

risolto

$$C_{m2} V_{t2} + m C_{m2} T_2 = C_{m2} C$$

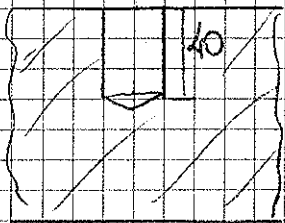
$$t_c = \frac{s}{V_t} = \frac{s}{m \cdot a}$$



$$\alpha = 30^\circ \text{ (perché l'angolo è } \frac{120^\circ}{2} \text{)}$$

per completo bisognerebbe aggiungere l'extra-corsa $\approx R \cdot \tan(\alpha)$

FORATURA 2



$$D = 30 \text{ mm}$$

$$a = 0.28 \text{ mm/giro}$$

$$V_t = 20 \text{ m/min}$$

$$V_t \cdot T^{0.13} = 34$$

$$N_p \sim T = \left(\frac{34}{V_t} \right)^{\frac{1}{0.13}}$$

$$N_p = \frac{L}{t_c}$$

$$t_c = \frac{s}{V_t}$$

$$V_t = m \cdot a \quad m = \frac{1000 V_t}{\pi D}$$

TORNITURA 2

$$a = 0.95 \text{ mm/giro}$$

$$V_t = 180 \text{ m/min}$$

$$N_p = 5 \text{ pezzi}$$

$$D_{pezzi} = 125 \text{ mm}$$

$$V_t = 120 \text{ m/min}$$

$$N_p = 25 \text{ pezzi}$$

$$L = 300 \text{ mm}$$

$$V_t \cdot T^m = C \quad \text{dato calcolare } m \text{ e } C$$

$$N_p = \frac{L}{t_c}$$

$$T = N_p \cdot t_c = N_p \cdot \frac{L}{\frac{m \cdot a}{V_t}} \sim m = \frac{1000 V_t}{\pi D}$$

$$T = N_p \cdot \frac{L \cdot \pi D}{1000 V_t \cdot a}$$

Posso sostituire T nell'eq di Taylor

$$V_t \cdot \left[\frac{N_p \cdot L \cdot \pi D}{1000 V_t \cdot a} \right]^m = C$$

$$V_t^{1-m} \cdot \left[\frac{N_p \cdot L \cdot \pi D}{1000 \cdot a} \right]^m = C$$

TORNATURA

torno con 8 rapporti $m_1 = 100 \text{ giri/min}$
 $m_8 = 1800 \text{ giri/min}$

$$\frac{m_{i+1}}{m_i} = \varphi \text{ costante}$$

$$V_t \cdot T^{0.26} \cdot Q^{0.88} = 110$$

W? per avere il minimo costo

$$m_1 = 100$$

$$m_2 = \varphi \cdot m_1$$

$$m_3 = \varphi \cdot m_2 = \varphi^2 \cdot m_1$$

$$m_4 = \varphi^3 \cdot m_1$$

$$m_8 = \varphi^7 \cdot m_1$$

$$\varphi = \sqrt[8]{m_8/m_1} = 1.635$$

$$T_{opt} = \varphi \left(\frac{1}{m} - 1 \right)$$

OTTIMIZZAZIONE

$$C_{costo} = t_{cu} + \frac{C_{cut}}{C_{mv}} \quad \begin{array}{l} \text{costo utensile} \\ \text{costo macchina utensile} \end{array}$$

$$V_{opt} = \frac{C}{T_{opt} \cdot m} \quad \begin{array}{l} \text{tempo cambio utensile} \\ \text{costo dalla legge di Taylor} \end{array}$$

$$m = 0.26$$

$$C = \frac{110}{\varphi^{0.88}}$$

Quando mi sono calcolato V_{opt} (velocità di minimo costo)

ricavo $m = \frac{1000 \cdot V_t}{T \cdot D}$ e scelgo il n° di giri + vicino a quello ottenuto

non è detto che poi il più vicino sia quello giusto, dipende da come sono le curve

ovvero calcolare il costo per quello a destra e quello a sinistra

es se ottengo $m_4 < m < m_5$

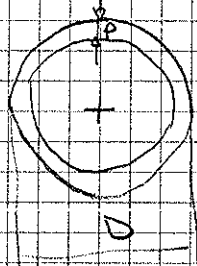
$$V_t = \frac{T \cdot D \cdot m}{1000} \quad V_{t4} < V_t < V_{t5}$$

$$C_p = C_0 + C_{mv} t_p + C_{ut} \frac{V}{\pi T}$$

$$V = L \cdot P \cdot T \cdot D \quad \sim \Delta \text{ perché in verniere}$$

$$Z = S \cdot V_t = Q \cdot P \cdot V_t$$

$$t_p = t_0 + \frac{V}{Z} \left(1 + \frac{t_0}{Z} \right)$$



$$A = \pi \left(D - \frac{p}{2} \right) = \pi T \left(D - \frac{p}{2} \right) = \pi T D$$

$$V = L \cdot P \cdot \pi \cdot D$$

