

Ottimizzazione

m1

$$D_i = 100 \text{ mm}$$

$$L = 600 \text{ mm}$$

$$e = 0,3 \text{ mm/giro}$$

$$n = 150 \text{ giri/min}$$

turnture

$$D_f = 96 \text{ mm}$$

$$t_e = ?$$

$$MRR = ?$$

$$t_e = \frac{L}{v_e} = \frac{L}{n \cdot e} = \frac{600 \text{ mm}}{\frac{150 \text{ giri}}{\text{min}} \cdot 0,3 \text{ mm/giro}} = 8,89 \text{ min} = 533 \text{ sec}$$

$$MRR = \frac{Vol_{\text{rim}}}{t_e} = \frac{\pi (D_i - D_f)^2 / 4 \cdot L}{t_e} = 12,72 \text{ mm}^3/\text{min}$$

m2

$$D_i = 100 \text{ mm}$$

$$L = 600 \text{ mm}$$

$$e = 0,3 \text{ mm/giro}$$

$$n = 150 \text{ giri/min}$$

$$D_f = 96 \text{ mm}$$

$$\chi = 70^\circ$$

$$\chi' = 30^\circ$$

$$R_e = ? \begin{cases} \nearrow \text{ut. non raccordato} \\ \searrow \text{ut. raccordato } r = 0,8 \text{ mm} \end{cases}$$

① Ut. non raccordato

$$R_e = R_t = \frac{e}{4} \cdot \frac{1}{4(\tan \chi + \tan \chi')} \cdot 1000 [\mu\text{m}] = 35,78 \mu\text{m}, // R_t = 143,13 \mu\text{m}$$

② Ut. raccordato

$$R_e = \frac{e^2}{32r} \cdot 1000 = 3,52 \mu\text{m}$$

$$R_t = 4R_e = 56,25 \mu\text{m}$$

Costo elevato:

$$D_a = 100 \text{ mm}$$

$$D_f = 94 \text{ mm}$$

$$L = 400 \text{ mm}$$

$$\rightarrow P = 3 \text{ mm}$$

$$a = 0,25 \text{ mm/giro}$$

$$V_e = ? \quad t_1 = ? \quad (\text{un'attornio})$$

$$V_p = ? \quad e_1 = ? \quad (\text{regime produttivo})$$

Problema 3 Ottimizzazione

Carburante di tipo 50

$$VT^{0,25} = 450$$

$$m_c = 4 \quad C_{cu} = 760 \text{ €}$$

$$t_{ea} = 2,50 \text{ min}$$

$$t_p = 2 \text{ min}$$

$$C_g = 12 \text{ €}$$

$$C_{min} = 25 \text{ €/h} = 0,42 \text{ €/min}$$

$$C_{max} = 20 \text{ €/h} = 0,33 \text{ €/min}$$

$$k = 0,5$$

$$V_p = \frac{V_1}{\left[t_{ea} \left(1 + \frac{1}{m} \right) \right]^m} = 271,92 \text{ m/min}$$

$$V_e = \frac{V_1}{\left[\left(t_{ea} + \frac{t_p}{e_0} \right) \left(\frac{1}{m} - 1 \right) \right]^m} = 239,11 \text{ m/min}$$

$$C_u = \frac{C_{cu}}{m_c} = 1,9 \text{ €}$$

$$C_0 = (1+k)(C_{min} + C_{max}) = 1,13 \text{ €/min}$$

Massime produttività:

$$t_1 = t_p + t_e + \frac{t_{ea}}{Nu} \quad \text{dove}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} t_e = \frac{\pi D L}{V_p \cdot a} = 1,85 \text{ min/pezzo} \\ T = \left(\frac{V_1}{V_p} \right)^{\frac{1}{m}} = 7,50 \text{ min} \\ Nu = \frac{T}{t_e} = 4,05 \text{ pezzi/tagliante} \end{array} \right.$$

$$t_1 = 4,47 \text{ min}$$

$$C_1 = C_g + C_0 t_1 + \frac{C_u}{Nu} = 17,52 \text{ €}$$

Massime economicità

$$t_1 = t_p + t_e + \frac{t_{ea}}{Nu} \quad \text{dove}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} t_e = \frac{\pi D L}{V_e \cdot a} = 2,10 \text{ min/pezzo} \\ T = \left(\frac{V_1}{V_e} \right)^{\frac{1}{m}} = 12,54 \text{ min} \\ Nu = 5,97 \text{ pezzi} \end{array} \right.$$

$$t_1 = 4,52 \text{ min}$$

$$C_1 = C_g + C_0 t_1 + \frac{C_u}{Nu} = 17,43 \text{ €}$$

M4

$V_{ottimo} = ?$ (max economic)

MRR = ?

utensile quadrato (90°)

$n_c = 8$

$r = 0,8 \text{ mm}$

$C_{cu} = 8 \text{ €}$

$\left(\frac{1}{m} = 0,182\right)$

$R_m = 395 \text{ N/mm}^2$

$K_s = 2,4 R_m^{0,434} p^{0,666}$

$\beta = 90^\circ$

$L = 450 \text{ mm}$

$D_i = 100 \text{ mm}$ 1 passo

$D_f = 94 \text{ mm}$

$p = 3 \text{ mm}$

$R_e = 3 \mu\text{m}$

$V T^{0,2} e^{0,4} p^{0,2} = 250$

1) Macchine utensili tradizionali con e ed in tabella.

2) Macchine a controllo numerico

$P_M = 8 \text{ kW}$ $F_{\text{max}} = 4000 \text{ N}$

$\eta = 0,9$

$P_{M(\text{max})} = 8,1 \text{ kW}$

$t_{cu} = 1,5 \text{ min}$

$t_p = 2 \text{ min}$
 $C_p = 65 \text{ €}$

$C_{mm} = 0,47 \text{ €/min}$

$C_{omm} = 0,58 \text{ €/min}$

$K = 0,7$

① Macchine utensili trad.

$p = 3 \text{ mm}$

e lo calcoleremo con la
ragione

~~$e = \sqrt{\frac{R_e}{K}}$~~

$R_e = \frac{e^2}{32r} \cdot 1000 \Rightarrow e = \sqrt{\frac{32r R_e}{1000}}$

• Per non aumentare R_e , abbiamo necessariamente premere in tabella

$e = 0,254 \text{ mm/giro}$

$e = 0,277 \text{ mm/giro}$

• Vediamo il valore sulla f. di Taglio

$F_t = K_s (e p)^{1,1} = 2050 \text{ N}$

Vincolo su
forza di taglio
verifichiamo

Per la potenza del macchina serve V_e , allora è quindi in

(condizioni di max economic.)

$V_e = \frac{V_1}{\left[\left(\frac{1}{m} - 1\right)(t_a + \frac{t_{cu}}{C})\right]^m}$

, dove

$V T^{0,2} = \frac{250}{e^{0,4} p^{0,2}} = V_1 = 347$

$t_{cu} = 1,5 \text{ min}$

$C_u = \frac{C_{cu}}{n_t} = 1 \text{ €}$

$C_o = (1 + K)(C_{omm} + C_{mm}) = 1,785 \text{ €/min}$

Quindi

~~$V_e = \frac{V_1}{\left[\left(\frac{1}{m} - 1\right)(t_a + \frac{t_{cu}}{C})\right]^m}$~~

$V_e = 227,58 \text{ m/min}$

Veloc. ottima di Taglio

Calcolo le n ottime

$n = \frac{V_e}{\pi D} = 724,41 \text{ giri/mm}$

, Scelgo la più grande

Succedere in tabella $n = 763 \text{ giri/min}$

• Velocità è rispettata il vincolo sulla potenza

$$P_m = F_t \cdot \pi D m = 8180 \text{ W}, \text{ NON RISPETTATA LA CONDIZIONE}$$

• Dato scegliere la m minore $m = 686 \text{ giri/min}$

$$P_m = F_t \cdot \pi D m = 7363 \text{ W} \quad \text{OK}$$

la velocità di taglio unita è:

$$V_{t \text{ effettiva}} = \pi D m = 216 \text{ m/min}$$

Ora allora l'MRR = ~~$\frac{V_{t \text{ op}}}{\pi D L} \cdot \frac{\pi D^2 L}{4} \cdot \frac{1}{m}$~~ $MRR = V_{t \text{ op}} / t_c$

$$MRR = \frac{V_{t \text{ op}}}{L/m} = \frac{V_{t \text{ op}}}{\frac{\pi D L}{V_{t \text{ op}}}} = \frac{K \pi (D_i^2 - D_f^2) / 4}{\pi D_i K / V_{t \text{ op}}} = 160 \text{ cm}^3/\text{min}$$

② A controllo numerico

$$Q = 0,277 \text{ mm/giro} \rightarrow \text{Vedo il vincolo su } F_t \rightarrow F_t = 2198 \text{ N} < F_{t \text{ max}} \text{ OK RISPETTATO}$$

$$V_1 = \frac{250}{Q^{0,4} P^{0,2}} = 335,4$$

$$V_2 = \frac{V_1}{\left[\left(\frac{1}{m} - 1 \right) \left(t_{a0} + \frac{C_u}{C_0} \right) \right]^{1/n}} = 220 \text{ m/min}$$

Scelgo proprio $V_t = 220 \text{ m/min}$

$$P_m = F_t \cdot V_t = 8,06 \text{ KW} \leq P_m \eta \quad \text{OK}$$

$$MRR = \frac{K \pi (D_i^2 - D_f^2) / 4}{\frac{K \pi D_i}{V_{t \text{ op}}}} = 177,33 \text{ cm}^3/\text{min}$$

M6

$Q = ?$ (formule ex. exterie) $R_{e \max} = 15 \mu m$ $\chi = 60^\circ$
 $\chi' = 60^\circ$

1) vitesse non recordee

$$R_e = \frac{Q}{4(\cot \chi + \cot \chi')} \cdot 1000$$

$$Q = \frac{R_e}{1000} \cdot [4(\cot \chi + \cot \chi')] = 0,07 \text{ mm/pw}$$

2) vitesse recordee en $r = 9,8 \text{ mm}$

$$R_e = \frac{Q^2}{32r} \cdot 1000 \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{32r \cdot R_e}{1000}} = 0,62 \text{ mm/pw}$$

3) vitesse recordee en $r = 12 \text{ mm}$

$$Q = \sqrt{\frac{32r \cdot R_e}{1000}} = 0,76 \text{ mm/pw}$$

Ottimizzazione m7

$$\begin{aligned} D_i &= 110 \text{ mm} \\ D_f &= 104 \text{ mm} \\ L &= 500 \text{ mm} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad P = 3 \text{ mm}$$

$$\sqrt{T^{0.2}} = 430$$

$$m_t = 4$$

$$C_{cu} = 7,56 \text{ €}$$

$$Q = 0,25 \text{ mm/giro}$$

$$t_{cu} = 3 \text{ min}$$

$$t_p = 2 \text{ min}$$

$$C_g = 15 \text{ €}$$

$$C_{man} = 0,48 \text{ €/min}$$

$$C_{comm} = 0,62 \text{ €/min}$$

$$K = 0,4$$

$$V_p = ? \quad V_e = ?$$

$$(C_{cu} \cdot l_{x_c} + l_{x_u} = 20 \text{ mm})$$

$$V_p = \frac{V_d}{[t_{cu}(\frac{1}{m} - 1)]^m} = 261,6 \text{ m/min}$$

$$V_e = \frac{V_d}{[(t_{cu} + \frac{C_{cu}}{C_g})(\frac{1}{m} - 1)]^m} = 241,2 \text{ m/min}$$

$$C_u = \frac{C_{cu}}{m_t} = 1,89 \text{ €}$$

$$C_o = (1+K)(C_{man} + C_{comm}) = 1,26 \text{ €}$$

Con le estremità

$$V_p' = \left(\frac{\lambda'}{\lambda} \right)^m \frac{V_d}{[t_{cu}(\frac{1}{m} - 1)]^m} \cong 264 \text{ m/min}$$

$$V_e' = V_e \left(\frac{\lambda'}{\lambda} \right)^m \cong 243 \text{ m/min}$$

$$\text{dove } \lambda = \frac{\pi D L}{e}$$

$$\lambda' = \frac{\pi D L'}{e}$$

$$\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{L'}{L} = \underline{1,04}$$

(max economic)

$$\left[\frac{1}{m} = 0,1197 \right]$$

(M8)

$$R_m = 51,5 \text{ daN/mm}^2$$

$$K_S = 2,4 R_m^{0,45} \beta^{0,666}$$

ut. HSS

$$C_{cu} = 3,00 \text{ €} \quad r = 15^\circ \\ C_r = 2,20 \text{ €} \quad \beta = 85^\circ \\ r = 1,2 \text{ mm}$$

$$v T^{0,15} Q^{0,4} P^{0,12} = 120$$

$$\begin{cases} L = 400 \text{ mm} \\ P = 2,5 \text{ mm} \quad D_s = 90 \text{ mm} \\ \quad \quad \quad D_f = 85 \text{ mm} \\ R_e = 5 \mu\text{m} \end{cases}$$

ut. Caruso P30

quadroto $\beta = 85^\circ \quad C_{cu} = 32 \text{ €} \\ r = 1,2 \text{ mm}$

$$v T^{0,25} Q^{0,5} P^{0,3} = 230$$

$$P_n = 10 \text{ kW} \quad \eta = 0,9$$

$$F_{t, \max} = 4000 \text{ N}$$

$$t_{cu} = 1,2 \text{ min} \quad C_f = 60 \text{ €}$$

$$t_p = 2 \text{ min} \quad C_{man} = 0,67 \text{ €/min} \quad K = 0,8$$

$$C_{omm} = 0,53 \text{ €/min}$$

$$MRR = ?$$

$$M \rightarrow 30 \rightarrow 5000$$

$$Q \rightarrow 0,02 - 1,5$$

② Utensile HSS $R_e = \frac{e^2}{32r} \cdot 1000 \rightarrow e = \sqrt{\frac{32r R_e}{1000}} = 0,438 \text{ mm} / 8^{1/20}$

Vedo se rispetta il vincolo sulla $F_{t, \max} \rightarrow F_t = K_S (e P)^{\frac{1}{m}} = 2978 \text{ N} < F_{t, \max}$ OK

Ho fissato e :

$$v T^{0,15} = \frac{120}{Q^{0,4} P^{0,12}} = 149,6 \text{ mm/min}$$

Calcolo Q e v_e di max economic
$$v_e = \frac{v_t}{\left[\left(\frac{r_a + e_n}{8} \right) \left(\frac{1}{m} - 1 \right) \right]^m} = 100,82 \text{ m/min}$$

dove $P_u = \frac{C_{cu} + r C_r}{1 + r} = 2,25 \text{ €}$
 $C_0 = (1 + K) (C_{man} + C_{om}) = 1,8 \text{ €}$

Verifico le pot. di mandrino:

$$P_m = F_t \cdot v_e = 5004,03 \text{ W}$$

$$\text{con } P_{m(\max)} = 9,1 \text{ kW}$$

OK il vincolo è verificato

Trovo il parametro $m = \frac{v_e}{\pi D} = 357 \text{ giri/min}$

$$v_t = 100,82 \text{ m/min}$$

$$t_e = \frac{L}{m \cdot e} = 2,56 \text{ min}$$

$$MRR = \frac{V_e}{t_e} = \frac{\pi L \left(\frac{D_i^2}{4} - \frac{D_f^2}{4} \right)}{t_e} = 107 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Archivio
di W.

$$Re = \frac{Q^2 \cdot 1000}{327} \rightarrow Q = 0,438 \text{ mm/gz}$$

Verifica di nuovo il risultato nella formula di Taylor

$$\sqrt{T^{0,25}} = \frac{230}{Q^{0,5} P^{0,3}} = 264$$

$$\text{Calcolo } V_e = \frac{V_1}{\left[(t_{ar} + \frac{C_u}{C_0}) \left(\frac{1}{m} - 1 \right) \right]^m} = 130,14 \text{ m/min}$$

$$C_u = \frac{C_{eu}}{m_t \rightarrow 4} = 8 \text{ €}$$

$$C_0 = 1,8 \text{ €}$$

$$\text{Verifica il risultato nella } P_m = F_t \cdot V_e = 6459 \text{ W} \quad \text{OK}$$

$$\text{Trovo il parametro } \left[m = \frac{V_e}{\pi D} = 460 \text{ gzi/min} \right] \rightarrow \left[V_t = 130,14 \text{ m/min} \right]$$

$$\text{Calcolo il tempo di lavorazione } t_e = \frac{L}{m \cdot O} = 1,98 \text{ min}$$

$$\left[MRR = \frac{Vol}{t_e} = \frac{\pi L \left(\frac{D_i^2}{4} - \frac{D_f^2}{4} \right)}{t_e} = 139 \text{ cm}^3/\text{min} \right]$$

① Calcolo anche t_f e C_1

$$t_f = t_p + t_e + \frac{t_{cu}}{N_u}$$

$$T = \left(\frac{V_1}{V_r} \right)^{\frac{1}{m}} = 13,89 \text{ min}$$

$$N_u = \frac{T}{t_e} = 5,63$$

$$t_f = 4,78 \text{ min}$$

$$C_1 = C_g + C_0 t_f + \frac{C_u}{N_u} = 69 \text{ €}$$

② $t_f = t_p + t_e + \frac{t_{cu}}{N_u}$

$$T \left(\frac{V_1}{V_r} \right)^{\frac{1}{m}} = 16,93 \text{ min}$$

$$t_f = 4,12 \text{ min}$$

$$N_u = \frac{T}{t_e}$$

$$C_1 = C_g + C_0 t_f + \frac{C_u}{N_u} = 68,35 \text{ €}$$

Velocità di taglio? (max produttività)

$\boxed{m9}$

$$D_i = 102 \text{ mm}$$

$$P_m = 558 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad K_s = 2,4 P_m^{0,454} \beta^{0,466} \left(\frac{1}{m} = 0,197 \right)$$

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

$$D_f = 96 \text{ mm}$$

$$\phi$$

$$P = 3 \text{ mm}$$

$$R_e = 1 \mu\text{m} \quad \text{ut. zombiale} (\phi = 83^\circ)$$

$$r = 0,8 \text{ mm}$$

$$C_{cu} = 3,2 \text{ €}$$

$$v T^{0,2} e^{0,3} p^{0,25} = 180$$

$$P_H = 6 \text{ kW}$$

$$\eta = 0,85 \rightarrow$$

$$P_{m, \max} = 5,1 \text{ kW}$$

- Controlli num. e mech. tool.

$$t_p = 2 \text{ mm}$$

$$C_g = 185 \text{ €}$$

$$C_{man} = 0,7 \text{ €/min}$$

$$C_{omm} = 0,8 \text{ €/min}$$

$$K = 0,85$$

$$t_1 = ?$$

$$C_1 = ?$$

$$MRR = ?$$

$$F_{t, \max} = 2000 \text{ N}$$

$$t_{cu} = 1,5 \text{ min (mech. tool)}$$

$$t_{cu} = 0,8 \text{ min (cont. num.)}$$

Conti numerici

$$R_e = \frac{e^1}{327} \cdot 1000 \rightarrow e = \sqrt[3]{\frac{327 R_e}{1000}} = 0,16 \text{ mm/giro}$$

~~$$V_1 = 180$$~~

$$F_t = K_s (e P)^{\frac{1,1}{m}} = 1568 \text{ N} \leq F_{t, \max} \quad \text{OK}$$

$$\downarrow$$

$$2827$$

è bene

$$V_1 = \frac{180}{e^{0,3} p^{0,25}} = 237 \text{ mm}$$

Potenza calcolata $V_p = \frac{V_1}{[t_{cu} (\frac{1}{m} + 1)]^m} = 187,8 \text{ m/min} \Rightarrow \eta = \frac{V_b}{\pi D} = 586 \text{ giri/min}$

Vedo se va bene questa velocità $\rightarrow P_m = F_t \cdot v/p = 4,91 \text{ kW} \leq P_{m, \max} \quad \text{OK}$

va bene questa come velocità ottimale di taglio.

$$t_1 = t_p + t_e + \frac{t_{cu}}{N_u} \Rightarrow \text{in cui } t_e = \frac{L}{m \cdot e} = 3,2 \text{ min}$$

$$N_u = \frac{T}{t_e}, \quad \text{dove } T = \left(\frac{V_1}{v_t} \right)^{\frac{1}{m}} = 3,2 \text{ min}$$

$$N_u = 1$$

$$\text{da cui } \boxed{t_1 = 6 \text{ min}}$$

$$C_1 = C_g + C_o t_1 + \frac{C_u}{N_u}$$

$$C_o = (1 + K) (C_{man} + C_{omm}) = 2,77 \text{ €}$$

$$C_u = \frac{C_{cu}}{m_t = 2} = 1,6 \text{ €}$$

$$\boxed{C_1 = 203,22 \text{ €}}$$

$$MRR = \frac{V_R}{t_e} = \frac{\pi L \left(\frac{D_i^2}{4} - \frac{D_f^2}{4} \right)}{t_e} = 87,5 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Macchine Tradizionali

$$e = \sqrt{\frac{32 r k_e}{1000}} = 0,16 \text{ mm/giro}$$

sceglie il valore (mm) più vicino $\rightarrow e = 0,15 \text{ mm/giro}$ \rightarrow sarà quindi verificato il vincolo sulla forza max

Ricalcolo $V_1 = \frac{180}{e^{0,3} p^{0,25}} = 241,6 \rightarrow$ ~~241,6~~

Ricalcolo la velocità di taglio:

$$V_p = \frac{V_1}{\left[\tau_{cu} \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]^m} = 168,84 \text{ m/min}$$

\rightarrow Sarà rispettato anche il vincolo sulla pot. al massimo

\downarrow $m = \frac{V_p}{\pi D} = 527 \text{ giri/min} \rightarrow$ sceglie il valore più piccolo
 \downarrow
500 giri/min

\downarrow
 $V_t = \pi D m = 160,22 \text{ m/min}$

$$t_1 = t_p + t_e + \frac{\tau_{cu}}{Nu} \Rightarrow$$

$$t_e = \frac{L}{m \cdot e} = 6,000 \text{ min}$$

$$Nu = \frac{T}{t_e} = 1,95 \quad T = \left(\frac{V_1}{V_t} \right)^{\frac{1}{m}} = 7,8 \text{ mm}$$

$$t_1 = 6,77 \text{ min}$$

$$C_1 = C_f + C_0 t_1 + \frac{C_u}{Nu} = 20,57 \text{ €/min}$$

$C_0 = 2,77 \text{ €/min per mm}$
 $C_u = 1,60 \text{ €/mm}$

$$MRR = \frac{Vol}{t_e} = \frac{\pi L \left(\frac{D_1^2}{4} - \frac{D_2^2}{4} \right)}{t_e} = 70 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$V_c = \frac{V_1}{\left[\tau_{cu} + \frac{C_0}{C_f} \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]^m}$$

Vottone (max prod) = ?

$$R_m = 575 \text{ N/mm}^2$$

(m10)

$$K_s = 2,4 R_m^{0,454} \beta^{0,666}$$

$$\frac{1}{m} = 0,187$$

$$L = 250 \text{ mm}$$

$$D_i = 100 \text{ mm}$$

$$R_e = 0,6 \mu\text{m}$$

$$\tau = 0,8 \text{ mm}$$

$$D_f = 75 \text{ mm}$$

$$\beta = 83^\circ \text{ (zombardato)}$$

$$C_{cu} = 3,6 \text{ €}$$

$$V T^{0,25} e^{0,26} p^{0,2} = 180$$

Machinability e CN

$$\begin{cases} P_{\text{max}} = 4,5 \text{ kW} \\ F_{\text{max}} = 1500 \text{ N} \end{cases}$$

$$t_{cu} = 0,4 \text{ mm}$$

$$t_p = 1 \text{ mm}$$

$$C_{\text{mon}} = 0,67 \text{ €/min}$$

$$K = 9,9$$

$$C_{\text{omm}} = 0,67 \text{ €/min}$$

$\begin{cases} t_1, e_1, N_u \\ \text{m. utensili per il singolo pezzo} \\ \text{Vt per terminare le barre del pezzo} \\ \text{e fare una utensile.} \end{cases}$

$$R_e = \frac{e^2}{327} \cdot 1000 \rightarrow \underline{L_e = \sqrt{\frac{327 R_e}{1000}} = 0,124 \text{ mm/giro}}$$

$$\text{Vincolo su } F_t \rightarrow F_t = K_s \cdot (e p)^{\frac{1}{m}} = 1064 \text{ N} \text{ (OK)} \leq F_{\text{max}}$$

$$\text{Calcolo } V_1 = \frac{V_d^*}{e^{0,26} p^{0,2}} = 257,88$$

$$\text{e le velocità di max prod} \rightarrow V_p = \frac{V_1}{[t_{cu}(\frac{1}{m}-1)]^m} = 246,38 \text{ m/min}$$

$$\text{Verifica del vincolo sulla potenza } P_m = F_t \cdot V_p = 4369 \text{ W} \leq P_{m, \text{max}} \text{ (OK)}$$

$$\text{Sceglia } V_t = V_p$$

$$\text{Calcolo } m = \frac{V_t}{\pi D_i} = 784 \text{ giri/min}$$

$$t_1 = t_p + t_e + \frac{t_{cu}}{N_u}$$

$$\text{, dove } t_e = \frac{L}{m \cdot e} = 2,97 \text{ min}$$

$$T = \left(\frac{V_1}{V_t}\right)^{\frac{1}{m}} = 1,2 \text{ min}$$

$$N_u = \frac{T}{t_e} = 0,467 \rightarrow \text{pezzi lavorabili al singolo tooling}$$

$$t_1 = 4,43 \text{ min}$$

$$e_1 = e_f + e_{ot_1} + \frac{e_u}{N_u}$$

$$C_o = (1+K)(C_{\text{mon}} + C_{\text{omm}}) = 2,55 \text{ €/min}$$

$$C_u = \frac{C_{cu}}{m \cdot N_u} = 1,80 \text{ €}$$

$$e_1 = (15,15 + e_f) \text{ €/pezzo}$$

$$\begin{aligned} \text{m pezzo con il singolo utensile} & \Rightarrow m \cdot N_u = 0,934 \\ \text{m. utensili per il singolo pezzo} & = \frac{1}{m \cdot N_u} = 1,07 \text{ utensili} \end{aligned}$$

Devo girare quanti su N_u per fare un modo da lavorare un pezzo intero con un solo utensile.

Para Vácuo quântico $N_u = 0,5$, $N_u = \frac{T}{t_e} = \frac{\left(\frac{V_1}{\pi D m}\right)^{\frac{1}{m}}}{\frac{L}{m \cdot e}} = \left(\frac{V_1}{\pi D m}\right)^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{m \cdot e}{L}$

$$\left[N_u = \frac{V_1^{\frac{1}{m}}}{\pi^{\frac{1}{m}} D^{\frac{1}{m}} m^{\frac{1}{m}} e} \cdot \frac{m \cdot e}{L} \right] \rightarrow \left[m^{\frac{1}{m}} = \frac{V_1^{\frac{1}{m}} e}{\pi^{\frac{1}{m}} D^{\frac{1}{m}} L \cdot N_u} \right] \left\{ m = 766 \text{ gpc/min} \right.$$

de cui

$$V_t = \pi D m = 240,65 \text{ m/min}$$