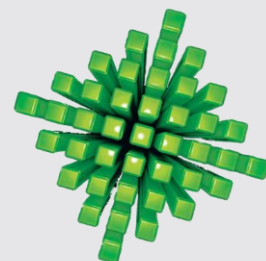


Calcolo dei Costi nella Asportazione di Truciolo



Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7

Calcolo dei costi nella asportazione di truciolo

$$c_p = c_m + c_s + c_l + c_t$$

c_p è il costo di produzione del singolo pezzo;

c_m è il costo di lavorazione del singolo pezzo;

c_s è il costo di setup della macchina per produrre il singolo pezzo;

c_l è il costo di carico e scarico del singolo pezzo;

c_t è il costo dell'utensile imputabile alla produzione del singolo pezzo.

$$c_m = T_m \cdot (L + O) \quad c_l = T_l \cdot (L + O) \quad c_s = \text{fisso}$$

T_m = tempo di lavorazione

L=costo orario della manodopera

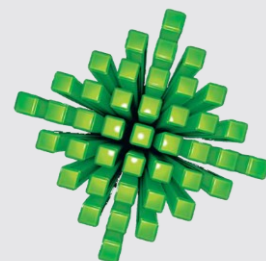
O= costo orario della macchina

T_l = tempo di carico e scarico

L=costo orario della manodopera

O= costo orario della macchina

dipende dalla macchina



Costo utensile

Utensile riaffilabile

$$c_t = \frac{1}{(r + 1)} \left(c_u + r \cdot c_g + T_{cambio_utens} \cdot (L + O) \cdot r \right) \frac{1}{N_p}$$

Dove

r è il numero di possibili riaffilature;

c_u è il costo di acquisto dell'utensile;

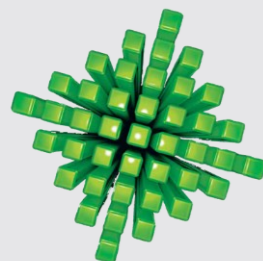
c_g è il costo della singola riaffilatura;

T_{cambio_utens} è il tempo per smontare e rimontare l'utensile;

L è il costo orario della manodopera diretta;

O è il costo orario della macchina utensile includente ammortamento, manutenzione, manodopera indiretta e spese generali;

N_p è il numero di pezzi prodotti tra due riaffilature.



Costo utensile

Utensile ad inserto

$$c_t = \left(\frac{1}{N_i} \left[T_{cam_inser} \cdot (L + O) + D_i \right] + T_{rot_inser} \cdot (L + O) \frac{1}{N_f} \right)$$

dove

D_i è il deprezzamento dell'inserto;

T_{cam_inser} è il tempo per cambiare l'inserto esaurito;

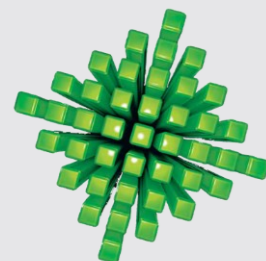
T_{rot_inser} è il tempo per ruotare l'inserto per posizionare un tagliente affilato nella stessa posizione;

L è il costo orario della manodopera diretta;

O è il costo orario della macchina utensile includente ammortamento, manutenzione, manodopera indiretta e spese generali;

N_f è il numero di pezzi prodotti dalla singola faccia dell'inserto.

N_i è il numero di pezzi prodotti dall'inserto.



Tempo di produzione

Utensile riaffilabile

$$T_p = T_m + T_l + \frac{T_{cambio_utens}}{N_p}$$

dove

T_p è il tempo di produzione del singolo pezzo;

T_m è il tempo di lavorazione del singolo pezzo;

T_l è il tempo di carico e scarico del singolo pezzo;

T_{cambio_utens} è il tempo per smontare e rimontare l'utensile;

N_p è il numero di pezzi prodotti tra due riaffilature.

Utensile ad inserti

$$T_p = T_m + T_l + \frac{T_{cam_inser}}{N_i} + \frac{T_{rot_inser}}{N_f}$$

dove

T_p è il tempo di produzione del singolo pezzo;

T_m è il tempo di lavorazione del singolo pezzo;

T_l è il tempo di carico e scarico del singolo pezzo;

T_{cam_inser} è il tempo per smontare e rimontare l'inserto;

T_{rot_inser} è il tempo per ruotare l'inserto ponendo un tagliente affilato;

N_i è il numero di pezzi prodotti da un inserto;

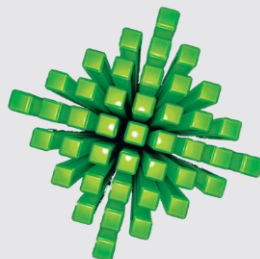
N_f è il numero di pezzi prodotti da una faccia di un inserto.

Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7



Esempio di tornitura cilindrica

$$T_m = \frac{L_m}{f \cdot N}$$

$$v = \pi \cdot N \cdot D$$



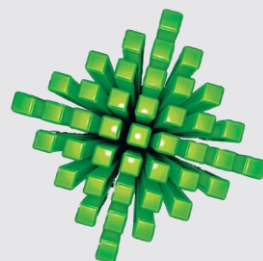
$$T_m = \frac{L_m \cdot \pi \cdot D}{f \cdot v}$$

Ma vale la legge di Taylor cioè $v \cdot T^n = C$ dalla quale è possibile ricavare la vita dell'utensile cioè

$$T = \left(\frac{C}{v} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Quindi il numero di pezzi producibili con l'utensile (N_p) sarà dato da

$$N_p = \frac{T}{T_m} = \left(\frac{C}{v} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{f \cdot v}{L_m \cdot \pi \cdot D}$$



Determinazione velocità che minimizza il costo

Utensile riaffilabile

$$c_t = \frac{1}{(r + 1)} (c_u + r \cdot c_g + T_{cambio_utens} \cdot (L + O) \cdot r) \frac{1}{N_p}$$

Dove

r è il numero di possibili riaffilature;

c_u è il costo di acquisto dell'utensile;

c_g è il costo della singola riaffilatura;

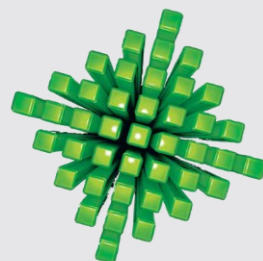
T_{cambio_utens} è il tempo per smontare e rimontare l'utensile;

L è il costo orario della manodopera diretta;

O è il costo orario della macchina utensile includente ammortamento, manutenzione, manodopera indiretta e spese generali;

N_p è il numero di pezzi prodotti tra due riaffilature.

$$c_t = \frac{1}{(r + 1)} (c_u + r \cdot c_g + T_{cambio_utens} \cdot (L + O) \cdot r) \frac{1}{\left(\frac{C}{v}\right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{f \cdot v}{L_m \cdot \pi \cdot D}}$$



Determinazione velocità che minimizza il costo

$$C_p = C_m + C_s + C_l + C_t$$

$$C_m = T_m \cdot (L + O)$$

T_m = tempo di lavorazione

L=costo orario della manodopera

O= costo orario della macchina

$$C_l = T_l \cdot (L + O)$$

T_l = tempo di carico e scarico

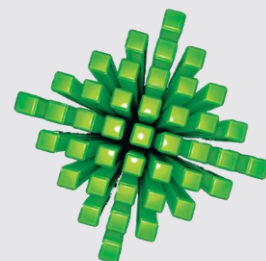
L=costo orario della manodopera

O= costo orario della macchina

$$C_s = \text{cost} = C_s$$

dipende dalla macchina

$$C_t = \frac{1}{(r+1)} (c_u + r \cdot c_g + T_{\text{cambio_utens}} \cdot (L+O) \cdot r) \frac{1}{\left(\frac{C}{v}\right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{f \cdot v}{L_m \cdot \pi \cdot D}} = C_{t0} \cdot \frac{L_m \cdot \pi \cdot D}{f \cdot v} \cdot \left(\frac{v}{C}\right)^{\frac{1}{n}}$$



Determinazione velocità che minimizza il costo

$$c_p = c_{t0} \cdot \frac{L_m \cdot \pi \cdot D}{f \cdot v} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{\frac{1}{n}} + T_l \cdot (L + O) + c_s + (L + O) \cdot \frac{L_m \cdot \pi \cdot D}{f \cdot v}$$

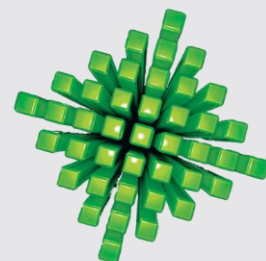
$\frac{\partial c_p}{\partial v} = 0$  Determino la **velocità di taglio** che **minimizza il costo unitario** (c_p)

$$\frac{\partial c_p}{\partial v} = \frac{1-n}{n} c_{t0} \cdot \frac{L_m \cdot \pi \cdot D}{f \cdot c^{\frac{1}{n}}} \cdot \left(\frac{v}{1}\right)^{\frac{1-2n}{n}} - (L + O) \cdot \frac{L_m \cdot \pi \cdot D}{f} \cdot v^{-2} = 0$$

$$\frac{1-n}{n} c_{t0} \cdot \frac{\cancel{L_m} \cdot \cancel{\pi} \cdot \cancel{D}}{\cancel{f} \cdot c^{\frac{1}{n}}} \cdot \left(\frac{v}{1}\right)^{\frac{1-2n}{n}} - (L + O) \cdot \frac{\cancel{L_m} \cdot \cancel{\pi} \cdot \cancel{D}}{\cancel{f}} \cdot v^{-2} = 0$$

$$\frac{1-n}{n} c_{t0} \cdot \frac{1}{c^{\frac{1}{n}}} \cdot \left(\frac{v}{1}\right)^{\frac{1}{n} - 2 + 2} = (L + O)$$

$$v = \left(\frac{n}{1-n}\right)^n (L + O)^n \cdot \frac{c}{c_{t0}^n}$$



Determinazione velocità che minimizza il tempo

$$T_p = T_m + T_l + \frac{T_{cambio_utens}}{N_p} = \frac{L_m \cdot \pi \cdot D}{f \cdot v} + T_l + T_{cambio_utens} \cdot \frac{L_m \cdot \pi \cdot D}{f \cdot v} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{\frac{1}{n}}$$

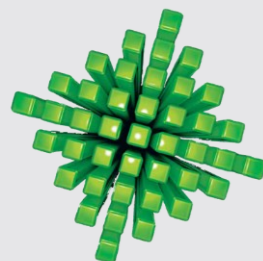
$$\frac{\partial T_p}{\partial v} = 0$$



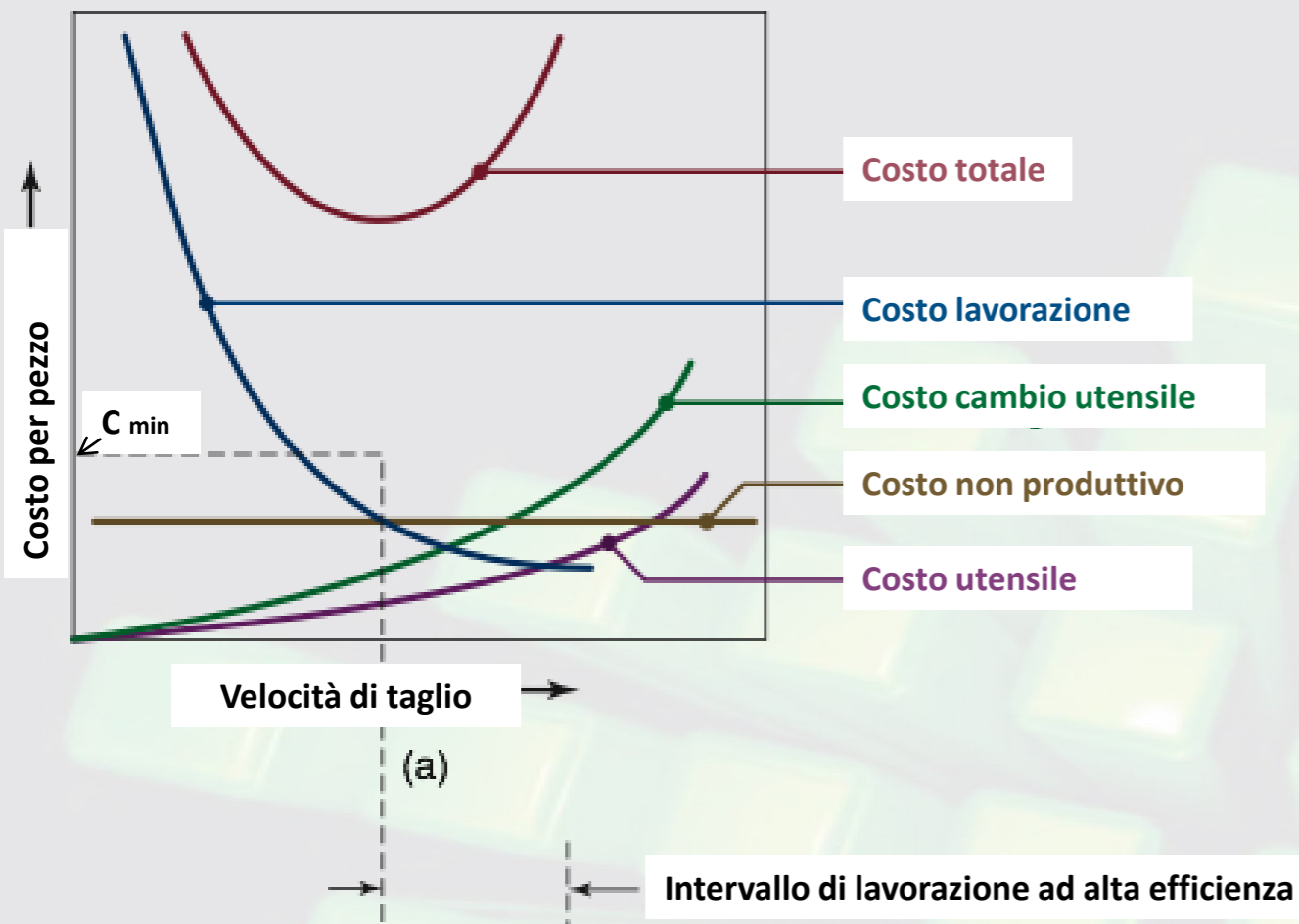
Determino la **velocità di taglio** che **minimizza il tempo di produzione unitario** (T_p)

$$\frac{\partial T_p}{\partial v} = -\frac{\cancel{L_m \cdot \pi \cdot D}}{\cancel{f} \cdot v^2} + \frac{1-n}{n} \cdot T_{cambio_utens} \cdot \frac{\cancel{L_m \cdot \pi \cdot D}}{\cancel{f} \cdot c^{\frac{1}{n}}} \cdot \left(\frac{v}{1}\right)^{\frac{1-2n}{n}} = 0$$

$$v^{\frac{1}{n}} = \frac{c^{\frac{1}{n}}}{T_{cambio_utens}} \cdot \frac{n}{1-n} \quad v = \left(\frac{n}{1-n}\right)^n \frac{c}{T_{cambio_utens}^n} = \left(\frac{1}{\frac{1}{n}-1}\right)^n \cdot \frac{c}{T_{cambio_utens}^n}$$

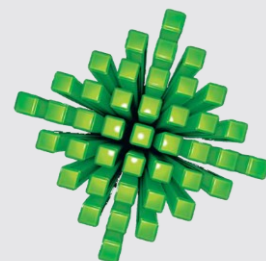
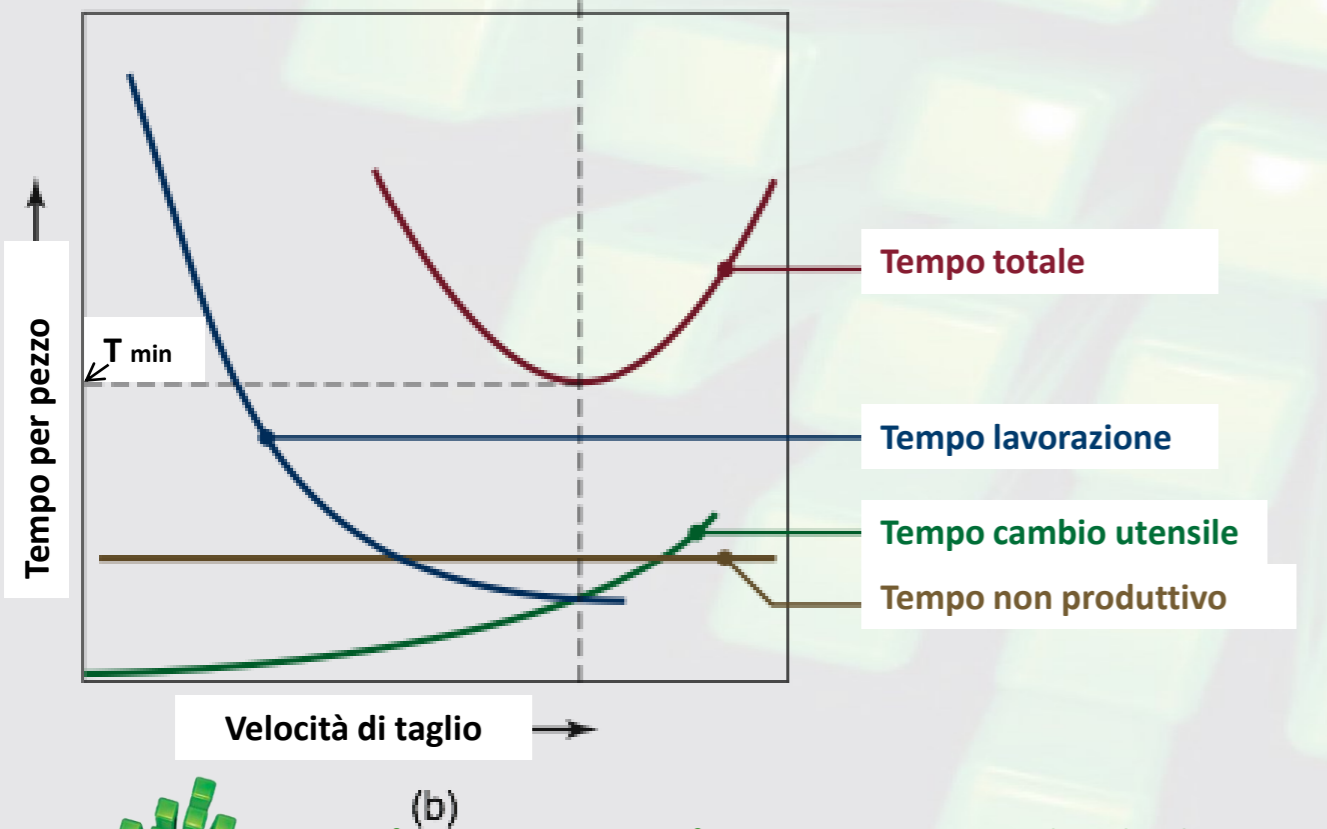


Economia delle Lavorazioni per Asportazione di Truciolo

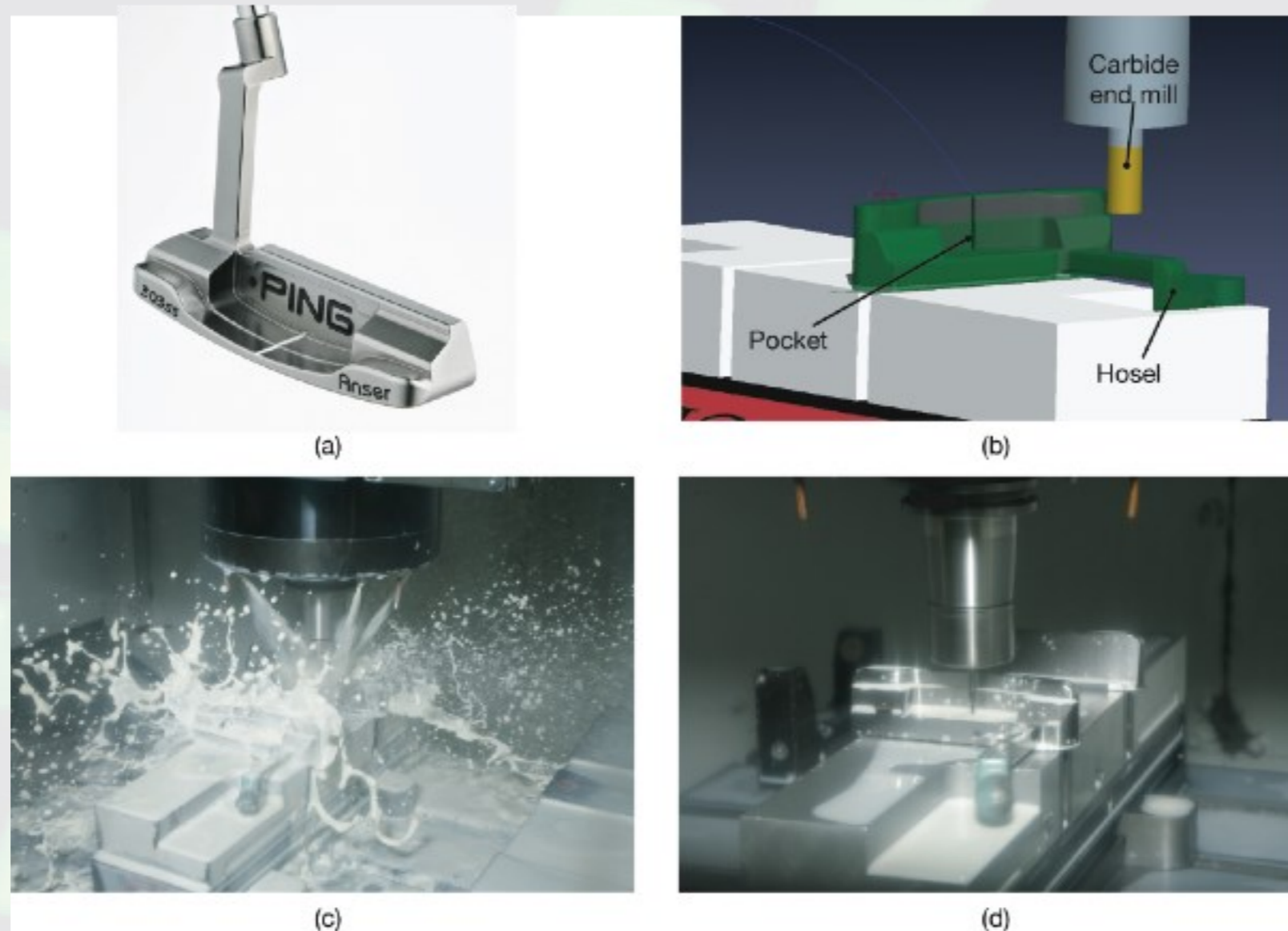


Andamento qualitative del
(a) Costo per pezzo; e
(b) Tempo per pezzo.

Si noti che esiste una velocità di taglio che rende minimo il costo e un'altra velocità di taglio che rende minimo il tempo di lavorazione.



Case Study: Ping Golf Putter



- l'estremità inferiore del bastone da golf per fare rotolare la pallina verso la buca (putter) Ping Anser® ;
- modello CAD della sgrossatura della superficie esterna dell'estremità inferiore del bastone da golf tipo putter
- lavorazione di asportazione di truciolo di sgrossatura su un centro di lavoro verticale;
- lavorazione delle iscrizioni sul centro di lavoro verticale: l'operazione è stata fermata per fare la foto, altrimenti la zona sarebbe inondata dal lubrorefrigerante.

