SEP0279 – PROCESSAMENTO DE MATERIAS II - USINAGEM DOS METAIS

AULA-11: Velocidade econômica de corte

Reginaldo T. Coelho
rtcoelho@sc.usp.br

VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

Velocidade de máxima produção acelera o processo até seu ponto máximo, mas não leva em conta os custos

- Usando-se velocidade de corte **baixas**, diminui-se o **desgaste;**
- No entanto, aumenta-se o custo dos insumos (energia, mão-de-obra, máquinas, etc.).
- Usando-se velocidade de corte **altas**, aumenta-se o **desgaste;**
- No entanto, diminui-se o custo dos insumos (energia, mão-de-obra, máquinas, etc.)
- Portanto, deve exisitir um valor ótimo de **velocidade de corte que minimize o custo =** $\boldsymbol{v_o}$

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

- Para os cálculos da velocidade econômica de corte v_0, necessita-se determinar primeiramente o custo da operação de usinagem.

C_p = Custo de usinagem de uma peça de um lote de Z peças;

C_m = Custo de matéria-prima para uma peça (ou da peça antes da operação);

C_c = Custo do corte em usinagem;

C_{mq} = Custo de operação da máquina (Juros, depreciação, manutenção, espaço ocupado, energia consumida, etc.);

C_f = Custo da ferramenta de corte;

C_{tf} = Custo de uma troca de ferramenta;

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

O Custo de uma operação será:

$$C_p = C_m + C_c + C_{mq} + C_f \qquad (10.20)$$

$\boldsymbol{C_m}$ é constante em relação às condições de usinagem.

A parcela $\boldsymbol{C_c}$ pode ser calculada como:

$$C_c = \frac{t_t S_h}{60} \qquad (10.21)$$

onde $\boldsymbol{S_h}$ é o custo do operador da máquina, incluindo-se todos os encargos em R$ por hora.

A parcela $\boldsymbol{C_{mq}}$ pode ser calculada como:

$$C_{mq} = \frac{t_t S_{mq}}{60} \qquad (10.22)$$

onde $\boldsymbol{S_{mq}}$ é o custo de operação da máquina em R$ por hora

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

A parcela de custo da ferramenta, C_f, envolve o custo da aresta de corte, do porta-ferramentas e também do tempo de troca de aresta

O custo de uma troca de ferramenta pode ser expresso da seguinte forma:

$$C_{tf} = \frac{C_{pf}}{n_{pf}} + \frac{C_{is}}{n_a} \tag{10.23}$$

onde:

C_{pf} = Custo do porta-ferramentas (R$);

n_{pf} = Número máximo de vezes que o porta-ferramentas suporta a troca de aresta;

C_{is} = Custo do inserto (R$);

n_a = Número de arestas úteis no inserto;

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

Substituindo-se as Equações (10.21), (10.22) e (10.23) em (10.20), obtém-se:

$$C_p = C_m + \frac{t_t S_h}{60} + \frac{t_t S_{mq}}{60} + \frac{C_{tf}}{Z_T}$$

O Custo de uma troca de ferramenta envolve o tempo de corte e o tempo de vida de uma aresta (T da Equação de Taylor) . Substituindo-se:

$$C_p = C_m + \frac{t_t S_h}{60} + \frac{t_t S_{mq}}{60} + \frac{t_c}{T} C_{tf}$$

O tempo total de usinagem de uma peça em um lote de Z peças:

$$t_t = \frac{t_p}{Z} + t_s + t_a + t_c + \left(\frac{t_c}{T} - \frac{1}{Z} \right) t_{tf}$$

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

O temo total t_t pode ser dividido em 3 parcelas:

$$t_t = t_f + t_c + \left(\frac{t_c}{T} + \frac{1}{Z} \right) t_{tf}$$

onde

$$t_f = \frac{t_p}{Z} + t_s + t_a$$

Não depende dos parâmetros de usinagem

Substituindo-se:

$$C_p = C_m + \frac{t_c}{60}\left(S_h + S_{mq}\right) + \frac{t_c}{T}\left[C_{tf} + \frac{t_{tf}}{60}\left(S_h + S_m\right) \right]$$

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

Para simplificar ainda criam-se mais três constantes C_1, C_2 e C_3 como sendo:

$$C_p = C_m + \frac{t_c}{60}\left(S_h + S_{mq}\right) + \frac{t_c}{T}\left[C_{tf} + \frac{t_{tf}}{60}\left(S_h + S_m\right)\right]$$

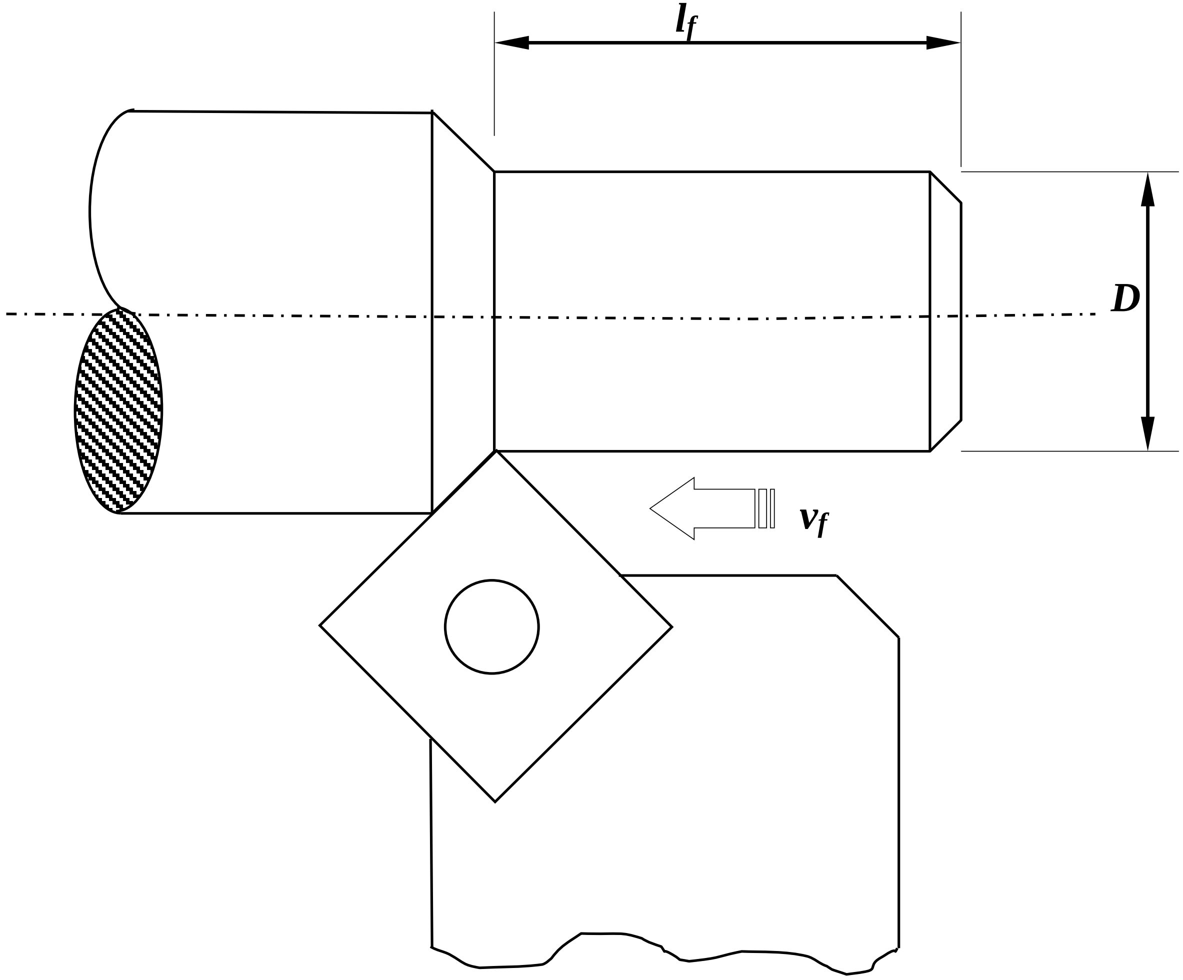
$$C_1 = C_m$$

$$C_2 = (S_h + S_{mq})$$

$$C_3 = \left[C_{tf} + \frac{t_{tf}}{60}\left(S_h + S_{mq}\right)\right]$$

$$\boldsymbol{C_p = C_1 + \frac{t_c}{60} C_2 + \frac{t_c}{T} C_3}$$

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE



$$t_c = \frac{v_f}{l_f}$$

$$v_f = f \cdot n$$

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$t_c = \frac{l_f \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot f \cdot v}$$

$$t_t = \frac{t_p}{Z} + t_s + t_a + \frac{l_f \pi D}{1000 fv} + \frac{t_{tf}}{T} \frac{l_f \pi D}{1000 fv} - \frac{t_{tf}}{Z}$$

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

Substituindo-se:

$$C_p = C_1 + C_2 \frac{\pi D l_f}{60 \cdot 1000 f} v^{-1} + C_3 \frac{\pi D l_f}{1000 \cdot f \cdot T} v^{-1}$$

Usando novamente a equação de Taylor $$T v^x = K$$

$$C_p = C_1 + C_2 \frac{\pi D l_f}{60000 f} v^{-1} + C_3 \frac{\pi D l_f}{1000 K f} v^{x-1}$$

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

Divide-se a Equação de Custo em três parcelas distintas:

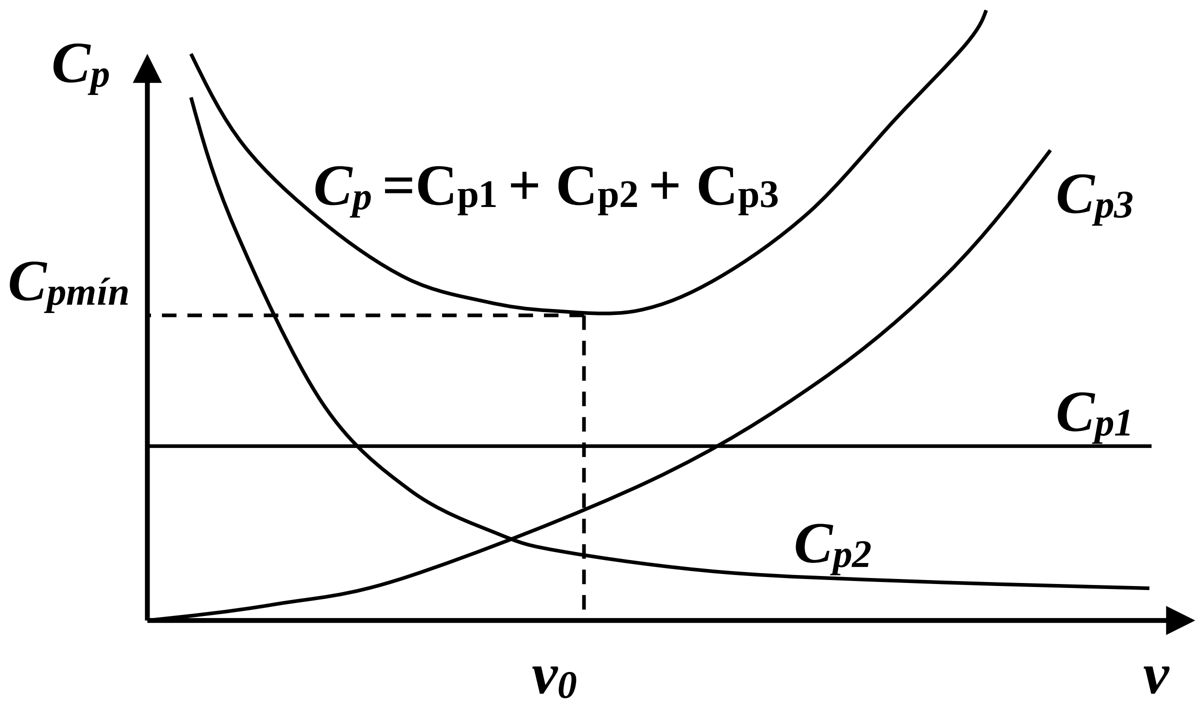
$$C_{p1} = C_1$$

Parcela que não depende dos parâmetros de usinagem:

$$C_{p2} = \frac{\pi D l_f}{60000 f} v^{-1}$$

$$C_{p3} = \frac{\pi D l_f}{1000 K f} v^{x-1}$$

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE

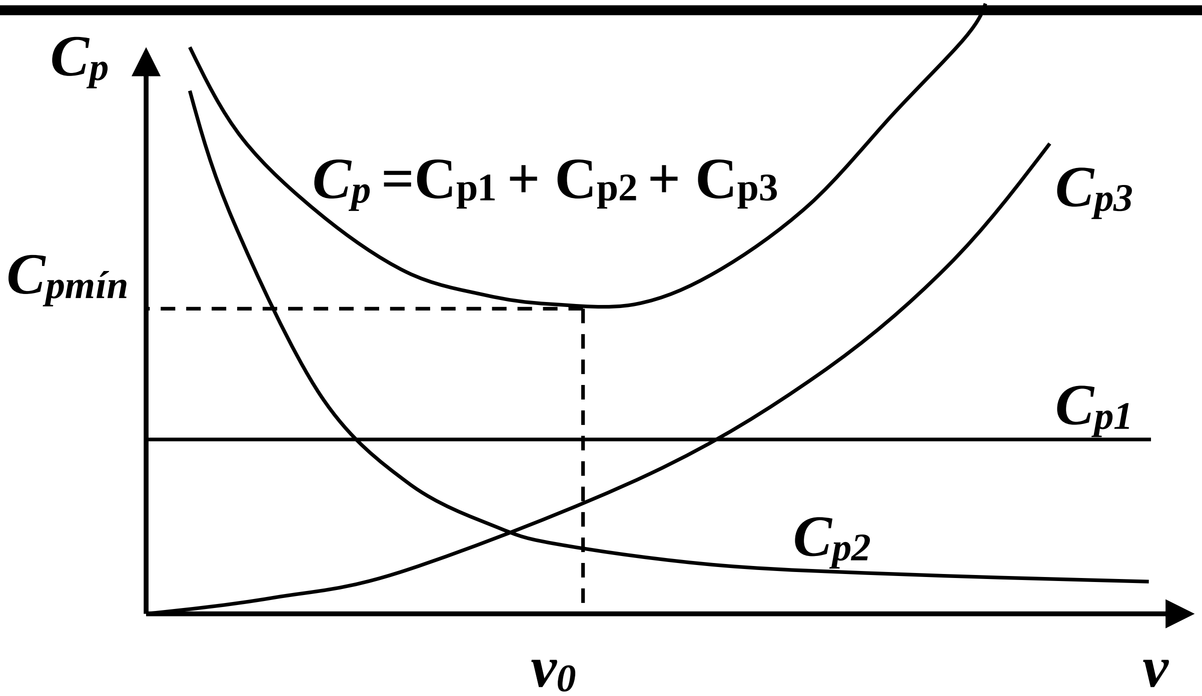


$$C_{p1} = C_1$$

$$C_{p2} = \frac{\pi D l_f}{60000 f} v^{-1}$$

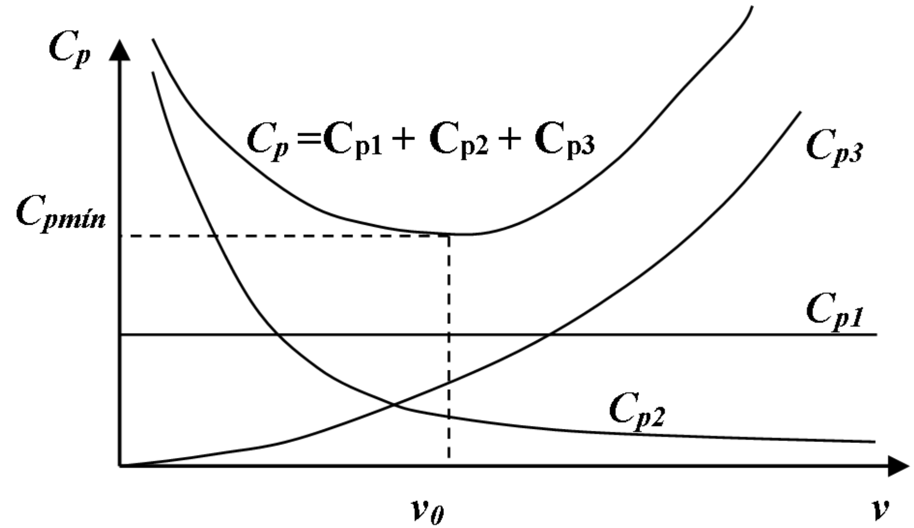
$$C_{p3} = \frac{\pi D l_f}{1000 K f} v^{x-1}$$

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE



- A parcela Cp1 não depende dos parâmetros de usinagem.
- Cp2, por sua vez, tem um comportamento inverso com relação à velocidade de corte
- Cp3, aumenta exponencialmente com a velocidade de corte
- A soma dessas três parcelas conterá um ponto de mínimo à medida que se aumenta a velocidade de corte, como já era de se esperar

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE



Buscando-se o mínio custo, tem-se:

$$\frac{dC_p}{dv} = -C_2 \frac{\pi D l_f}{60000 f} v^{-2} + (x-1) C_3 \frac{\pi D l_f}{1000 K f} v^{x-2} = 0 \qquad (10.37)$$

Resolvendo-se:

$$v_0 = \sqrt[x]{\frac{C_2 K}{60(x-1) C_3}} \qquad (10.38)$$

onde $\boldsymbol{v_0}$ é a velocidade de mínimo custo.

Aula 12 – VELOCIDADE ECONÔMICA DE CORTE