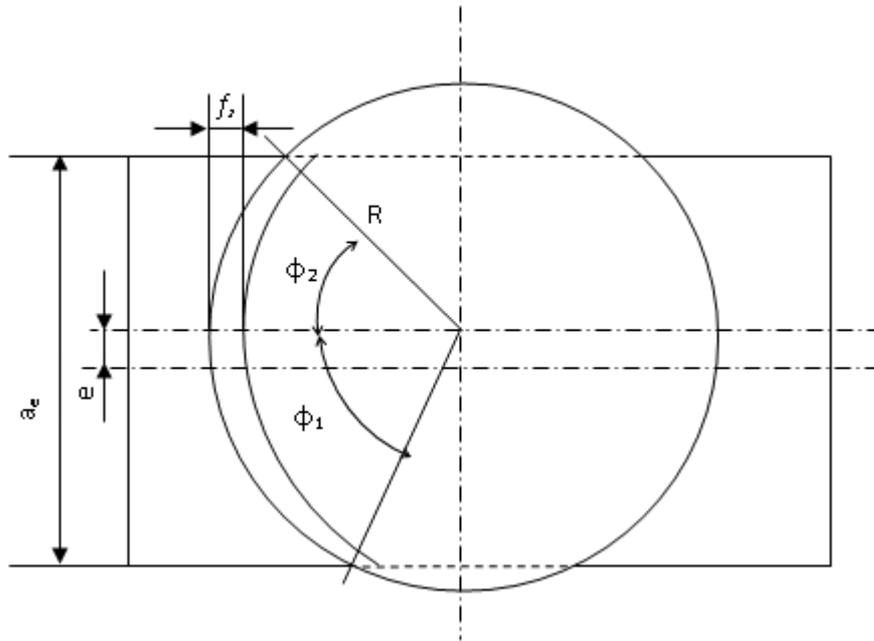


TD PUISSANCE DE COUPE – ELEMENTS DE CORRECTION SUITE ET FIN

Exercice N°4 :

Calcul de la puissance du moteur :

Données :



Fraise : Diamètre $D=160\text{mm}$, Nombre de dents $Z=10$ dents, Angle de direction principale $Kre=70^\circ$, Angle de coupe $\gamma_{fe} = 8^\circ$.

Conditions de coupe :

- $V_{c1}=123\text{ m/min}$, $a_{p1}=3\text{mm}$, $f_{z1}=0.3\text{ mm/dent}$
- $V_{c2}=180\text{ m/min}$, $a_{p2}=3\text{mm}$, $f_{z2}=0.1\text{ mm/dent}$
- Usinage en opposition avec décalage de l'axe de la fraise $e=10\text{mm}$

Matériau usiné : XC38, $K_{ctab}=3000\text{MPa}$.

Surface usinée : largeur $a_e=100\text{mm}$

a – Calcul du débit :

Le débit est calculé avec la relation suivante :

$$Q = a_e \times a_p \times V_f$$

- Fréquences de rotation de la broche N :

$$N_1 = 1000V_{c1} / \pi D_1 = 1000 \times 123 / (3.14 \times 160) = 490 \text{ tr/min}$$

$$N_2 = 1000V_{c2} / \pi D_1 = 1000 \times 180 / (3.14 \times 160) = 717 \text{ tr/min}$$

On prend : **$N_1=490\text{ tr/min}$ et $N_2=720\text{ tr/min}$**

- Vitesses d'avance V_f de la table :

$$V_{f1} = f_{z1} \times Z \times N_1 = 0.3 \times 10 \times 490 = 1470 \text{ mm/min}$$

$$V_{f2} = f_{z2} \times Z \times N_2 = 0.1 \times 10 \times 720 = 720 \text{ mm/min}$$

- Débit du copeau Q :

$$Q1 = a_e \times a_p \times V_{f1} = 100 \times 3 \times 1470 = 441000 \text{ mm}^3/\text{min}$$

$$Q2 = a_e \times a_p \times V_{f2} = 100 \times 3 \times 720 = 216000 \text{ mm}^3/\text{min}$$

b- Détermination de l'effort spécifique de coupe moyen corrigé K_{cmcor}

$K_{cTab} = 3000 \text{ MPa}$. Cette valeur doit être corrigée en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} de la fraise utilisée et de l'épaisseur moyenne calculée de l'opération considérée.

✓ Correction de K_{cm} en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} de la fraise utilisée :

Les valeurs de K_c du tableau doivent être corrigées en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} d'environ 1.5% par degré de différence. La valeur de K_c diminue lorsque l'angle de coupe latéral γ_{fe} augmente.

$$K_{cm \gamma_{fe}} = K_{cmTab} (1 + 1,5\% \Delta \gamma_{fe})$$

$$\Delta \gamma_{fe} = \gamma_{feTabl} - \gamma_{fe \text{ outil}} = -7 - 8 = -15$$

$$K_{cm \gamma_{fe}} = 3000 (1 - 1,5 \times 15/100) = 2325 \text{ MPa}$$

✓ Correction de K_{cm} en fonction de l'épaisseur moyenne du copeau calculée h_m :

Pour cela calculons l'épaisseur moyenne h_m . Nous sommes en présence d'une opération de surfacage, h_m s'écrit :

$$h_m = \sin K r e \frac{180 f_z a_e}{\pi \varphi R}$$

φ : angle de recouvrement exprimé en degrés

R : rayon de la fraise

L'angle de recouvrement est déterminé à partir de la figure du haut. $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 78.6^\circ$

$$\sin \varphi_1 = \frac{\frac{a_e}{2} - e}{R} = \frac{40}{80} = 0.5 \rightarrow \varphi_1 = 30^\circ$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{\frac{a_e}{2} + e}{R} = \frac{60}{80} = 0.75 \rightarrow \varphi_2 = 48.6^\circ$$

$$h_{m1} = \sin K r e \frac{180 f_z 1 a_e}{\pi \varphi R} = \sin 70 \frac{180 \cdot 0,3 \cdot 100}{\pi 78,6,80} = 0.257 \text{ mm} \quad \text{On prend } h_m = 0.25 \text{ mm}$$

$$h_{m2} = \sin K r e \frac{180 f_z 2 a_e}{\pi \varphi R} = \sin 70 \frac{180 \cdot 0,1 \cdot 100}{\pi 78,6,80} = 0.086 \text{ mm} \quad \text{On prend } h_m = 0.1 \text{ mm}$$

Pour ces valeurs de h_m , les valeurs du coefficient de correction f_h valent (voir tableau):

- $f_{h1} = 0,94$.

- $f_{h2} = 1.23$

La valeur de l'effort spécifique moyen corrigé est obtenue en multipliant K_{cm} corrigé en fonction de γ_{fe} par le coefficient de correction f_h correspondant à l'épaisseur h_m calculée.

$$K_{cmcor1} = K_{cm \gamma_{fe}} \times f_{h1} = 2325 \times 0,94 = 2185.5 \text{ MPa}$$

$$K_{cmcor2} = K_{cm \gamma_{fe}} \times f_{h2} = 2325 \times 1.23 = 2859.75 \text{ MPa}$$

c- Calcul de la puissance nécessaire à la coupe :

$$P_{C1} = \frac{Q1 \cdot K_{cmcor1}}{612 \cdot 10^2} = \frac{441000 \cdot 2185.5}{612 \cdot 10^2} = 15748.46W$$

$$P_{C2} = \frac{Q2 \cdot K_{cmcor2}}{612 \cdot 10^2} = \frac{216000 \cdot 2859.75}{612 \cdot 10^2} = 10093.24 W$$

d- Calcul de la puissance du moteur électrique :

$$P_{M1} = \frac{P_{C1}}{\eta} = \frac{15748.46}{0.6} = 26247.43W = 26.25 KW$$

$$P_{M2} = \frac{P_{C2}}{\eta} = \frac{10093.24}{0.6} = 16822.07W = 16.82 KW$$

Exercice N°5 :

Calcul de la profondeur de passe compatible avec la puissance du moteur :

Fraise : Diamètre $D=125\text{mm}$, Nombre de dents $Z=7$ dents, Angle de direction principale $Kre=90^\circ$, Angle de coupe $\gamma_{fe} = 8^\circ$.

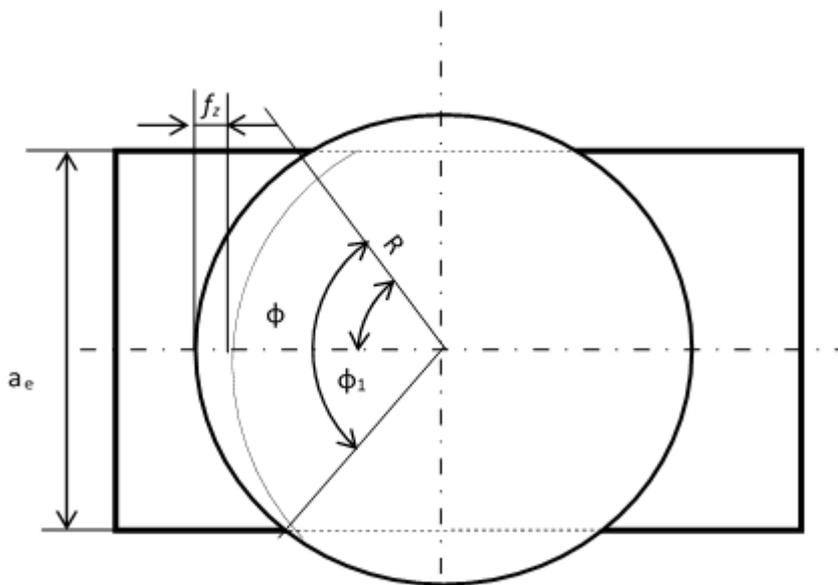
Conditions de coupe :

- $V_c=105 \text{ m/min}$, $f_z1= 0.4 \text{ mm/dent}$
- Usinage sans décalage de l'axe de la fraise.

Matériau usiné : XC38, $K_{ctab}= 3000\text{MPa}$.

Surface usinée : largeur $a_e=100\text{mm}$

Fraiseuse à CN : Puissance du moteur : 7.5KW , rendement $\eta = 0.6$



Pour que la coupe ait lieu il faut que la puissance du moteur électrique soit :

$$P_M \geq \frac{P_c}{\eta}$$

PM : puissance du moteur de la fraiseuse PM=7.5 kW

PC : puissance de coupe

η : rendement = 0.6

$$P_c = \frac{Q \cdot K_{cmcor}}{612 \cdot 10^2}, \quad Q = a_e a_p f_z V_c, \quad V_c = f_z Z_x N, \quad N = 1000 V_c / \pi D$$

La puissance de coupe s'écrit :

$$P_c = \frac{10 a_e a_p f_z Z V_c K_{cmcor}}{612 \pi}$$

La condition sur la coupe devient :

$$P_M \geq \frac{10 a_e a_p f_z Z V_c K_{cmcor}}{612 \pi \eta}$$

De cette condition on tire la valeur de la profondeur de passe a_p compatible avec la puissance du moteur :

$$a_p \leq \frac{612 \pi D \eta P_M}{10 a_e f_z Z V_c K_{cmcor}}$$

a- Calcul de V_c réelle : V_{cr}

- Détermination de la vitesse réelle de rotation de la broche :

$$N = 1000 V_c / \pi D = 1000 \cdot 105 / 3.14 \times 125 = 267.5 \text{ trs/min,}$$

On prend **Nr=280 trs/min**

- Calcul de V_{cr} :

$$V_{cr} = \pi D N_r / 1000 = \pi 125 \cdot 280 / 1000 = 109.9 \text{ m/min}$$

Vcr=109.9 m/min

b- Calcul de K_{cmcor} :

$K_{cTab} = 3000 \text{ MPa}$. Cette valeur doit être corrigée en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} de la fraise utilisée et de l'épaisseur moyenne calculée de l'opération considérée.

- ✓ Correction de K_{cm} en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} de la fraise utilisée :

Les valeurs de K_c du tableau doivent être corrigées en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} d'environ 1.5% par degré de différence. La valeur de K_c diminue lorsque l'angle de coupe latéral γ_{fe} augmente.

$$K_{cm \gamma_{fe}} = K_{cmTab} (1 + 1,5\% \Delta \gamma_{fe})$$

$$\Delta \gamma_{fe} = \gamma_{feTabl} - \gamma_{fe \text{ outil}} = -7 - 8 = -15$$

$$K_{cm \gamma_{fe}} = 3000 (1 - 1,5 \times 15/100) = 2325 \text{ MPa}$$

- ✓ Correction de K_{cm} en fonction de l'épaisseur moyenne du copeau calculée h_m :

Pour cela calculons l'épaisseur moyenne h_m . Nous sommes en présence d'une opération de surfacage, h_m s'écrit :

$$h_m = \sin K_{re} \frac{180 f_z a_e}{\pi \phi R}$$

φ : angle de recouvrement exprimé en degrés

R : rayon de la fraise

- Calcul de l'angle de recouvrement φ :

$$\sin \varphi_1 = \frac{\frac{a_e}{2}}{R} = \frac{50}{62.5} = 0.8 \rightarrow \varphi_1 = 53.13^\circ, \varphi = 2\varphi_1 = 106.26^\circ$$

- Calcul de h_m :

$$h_m = \sin Kre \frac{180 f_z a_e}{\pi \varphi R} = \sin 90 \frac{180 \cdot 0.4 \cdot 100}{\pi \cdot 106.26 \cdot 62.5} = 0.346 \text{ mm} \quad \text{On prend } h_m = 0.25 \text{ mm}$$

- Détermination du coefficient de correction f_h :

Par utilisation du tableau 7, en arrondissant h_m à 0.35 mm : $f_h = 0.85$

Par utilisation de la loi d'interpolation : $f_h = 0.62 h_m^{-0.3} = 0.8532$

La valeur de l'effort spécifique moyen corrigé est obtenue en multipliant K_{cm} corrigé en fonction de γ_{fe} par le coefficient de correction f_h correspondant à l'épaisseur h_m calculée.

$$K_{cmcor} = K_{cm} \gamma_{fe} \times f_h = 2325 \times 0.8532 = 1983.69 \text{ MPa}$$

c- Calcul de a_p :

$$a_p \leq \frac{612 \pi D \eta P_M}{10 a_e f_z Z V_c K_{cmcor}} = \frac{612 \cdot 3.14 \cdot 14.125 \cdot 0.67500}{10 \cdot 100 \cdot 0.4 \cdot 7.109 \cdot 9.1983,69} = 1.77 \text{ mm}$$

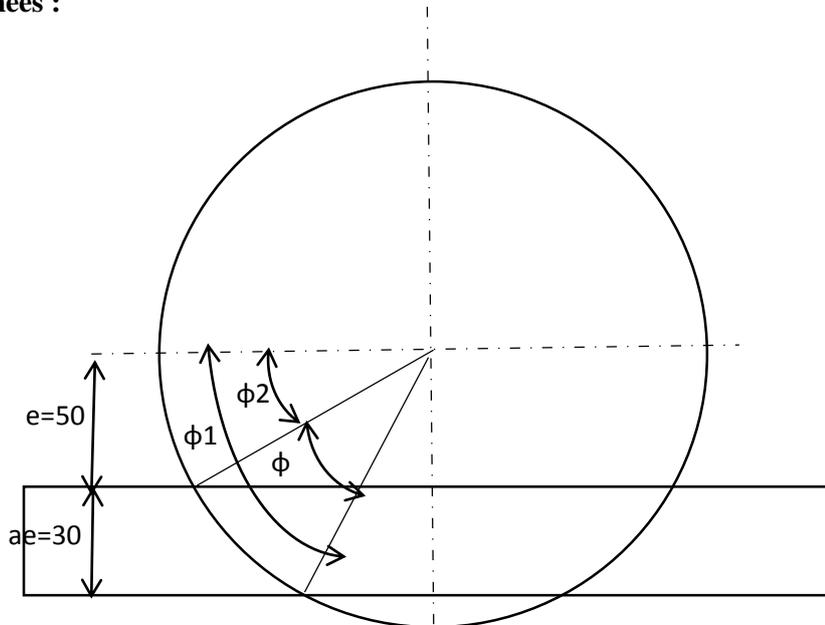
$$a_{pmax} = 1.77 \text{ mm}$$

Exercice N°6 :

- 1- Puissance mini à disposer sur la broche :

Cette puissance correspond à la puissance nécessaire à la coupe P_c .

Données :



Fraise 3T : Diamètre $D=230$ mm, Nombre de dents $Z=12$ dents, Angle de direction principale $Kre=90^\circ$, angle de coupe $\gamma_{fe} = 12^\circ$.

Conditions de coupe :

- $V_c=130$ m/min, $f_z=0.2$ mm/dent, surépaisseur d'usinage = 2.5 mm

- Usinage avec décalage de l'axe de la fraise $e = 50\text{mm}$.

Matériau usiné : XC38, $K_{c\text{tab}} = 3000\text{MPa}$.

Surface usinée : largeur $a_e = 30\text{mm}$

Fraiseuse horizontale: Puissance du moteur : à déterminer, rendement $\eta = 0.85$

La puissance de coupe est donnée par l'expression suivante :

$$P_c = \frac{Q \cdot K_{cm\text{cor}}}{612 \cdot 10^2}$$

P_c : Puissance nécessaire à la coupe en W

Q : Débit de copeau en mm^3/min

$K_{cm\text{cor}}$: Effort spécifique de coupe moyen corrigé en MPa

Il convient donc de calculer Q et $K_{cm\text{cor}}$ pour avoir la puissance de coupe recherchée

a – Calcul du débit :

Le débit est calculé avec la relation suivante :

$$Q = a_e \times a_p \times V_f$$

- Fréquences de rotation de la broche N :

$$N = 1000V_c / \pi D = 1000 \times 130 / 3.14 \times 230 = 180 \text{ trs/min}$$

$$\mathbf{N = 180 \text{ tr/min}}$$

- Vitesses d'avance V_f de la table :

$$V_f = f_z \times Z \times N = 0.2 \times 12 \times 180 = 432 \text{ mm/min}$$

$$\mathbf{V_f = 432 \text{ mm/min}}$$

- Débit du copeau Q :

$$Q = a_e \times a_p \times V_f = 30 \times 2.5 \times 432 = 32400 \text{ mm}^3/\text{min}$$

b- Détermination de l'effort spécifique de coupe moyen corrigé $K_{cm\text{cor}}$

$K_{c\text{Tab}} = 3000\text{MPa}$. Cette valeur doit être corrigée en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} de la fraise utilisée et de l'épaisseur moyenne calculée de l'opération considérée.

- ✓ Correction de K_{cm} en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} de la fraise utilisée :

Les valeurs de K_c du tableau doivent être corrigées en fonction de l'angle de coupe latéral γ_{fe} d'environ 1.5% par degré de différence. La valeur de K_c diminue lorsque l'angle de coupe latéral γ_{fe} augmente.

$$K_{cm \gamma_{fe}} = K_{cm\text{Tab}} (1 + 1,5\% \Delta \gamma_{fe})$$

$$\Delta \gamma_{fe} = \gamma_{fe\text{Tabl}} - \gamma_{fe \text{outil}} = -7 - 12 = -15$$

$$K_{cm \gamma_{fe}} = 3000 (1 - 1,5 \times 15/100) = 2145 \text{ MPa}$$

- ✓ Correction de K_{cm} en fonction de l'épaisseur moyenne du copeau calculée h_m :

Pour cela calculons l'épaisseur moyenne h_m . Nous sommes en présence d'une opération de surfaçage, h_m s'écrit :

$$h_m = \sin K r e \frac{180 f_z a_e}{\pi \varphi R}$$

φ : angle de recouvrement exprimé en degrés

R : rayon de la fraise

- Angle de recouvrement $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 18.29^\circ$

$$\sin \varphi_1 = \frac{ae + e}{R} = \frac{80}{115} = 0.6956 \rightarrow \varphi_1 = 44.07^\circ$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{e}{R} = \frac{50}{115} = 0.4348 \rightarrow \varphi_2 = 25.77^\circ$$

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 18.29^\circ$$

- Epaisseur moyenne h_m :

$$h_m = \sin K r e \frac{180 f_z a_e}{\pi \varphi R} = \sin 90 \frac{180.0.2.30}{\pi 18.29 \times 115} = 0.163 \text{ mm}$$

- Coefficient de correction f_h :

$$f_h = 0.62 h_m^{-0.3} = 0.62 \times 0.163^{-0.3} = 1.068$$

$$\mathbf{f_h = 1.068}$$

La valeur de l'effort spécifique moyen corrigé est obtenue en multipliant K_{cm} corrigé en fonction de γ_{fe} par le coefficient de correction f_h correspondant à l'épaisseur h_m calculée.

$$K_{cm\text{cor}} = K_{cm} \gamma_{fe} \times f_h = 2145 \times 1.068 = 2291.73 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{K_{cm\text{cor}} = K2291.73 \text{ MPa}}$$

c- Calcul de la puissance nécessaire à la coupe :

$$P_c = \frac{Q_1 \cdot K_{cm\text{cor}}}{612 \cdot 10^2} = \frac{441000 \cdot 2291.73}{612 \cdot 10^2} = 1213.3 \text{ W}$$

$$P_c = 1.2133 \text{ KW}$$

Cette puissance correspond à la puissance nécessaire à la coupe pour l'usinage d'une face du support avec une fraise. Or nous devons usiner les deux faces du support avec un train de deux fraises. La puissance totale nécessaire à la coupe pour l'usinage du support est donc : $P_{ct} = 2 P_c$. Soit :

$$P_{ct} = 2 P_c = 2 \times 1.2133 = 2.426 \text{ KW}, \text{ on prend: } P_{ct} = 2.43 \text{ kW}$$

$$\mathbf{P_{ct} = 2.43 \text{ kW}}$$

2- Puissance mini du moteur électrique :

$$P_M = P_{ct} / \eta = 2.43 / 0.85 = 2.86 \text{ Kw.}$$

$$\mathbf{P_M = 2.86 \text{ Kw.}}$$