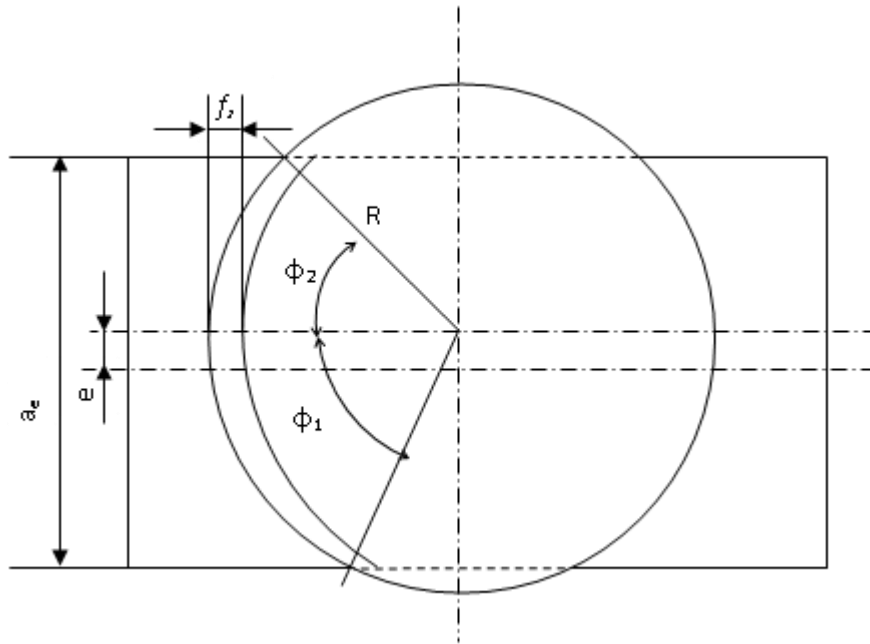


## TD PUISSANCE DE COUPE – ELEMENTS DE CORRECTION SUITE ET FIN

### 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  $K_{re}=70^\circ$ , 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  $\gamma_{fe}$  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  $\gamma_{fe}$  de la fraise utilisée :

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

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

$\varphi$  : angle de recouvrement exprimé en degrés

$R$  : rayon de la fraise

L'angle de recouvrement est déterminé à partir de la figure du haut.  $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 78,6^\circ$

$$\sin \varphi_1 = \frac{\frac{a_e}{2} - e}{R} = \frac{40}{80} = 0,5 \rightarrow \varphi_1 = 30^\circ$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{\frac{a_e}{2} + e}{R} = \frac{60}{80} = 0,75 \rightarrow \varphi_2 = 48,6^\circ$$

$$h_{m1} = \sin K r e \frac{180 f_z 1 a_e}{\pi \varphi R} = \sin 70 \frac{180,0,3,100}{\pi 78,6,80} = 0,257 \text{ mm} \quad \text{On prend } h_m = 0,25 \text{ mm}$$

$$h_{m2} = \sin K r e \frac{180 f_z 2 a_e}{\pi \varphi R} = \sin 70 \frac{180,0,1,100}{\pi 78,6,80} = 0,086 \text{ mm} \quad \text{On prend } h_m = 0,1 \text{ mm}$$

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  $\gamma_{fe}$  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  $\gamma_{fe} = 8^\circ$ .

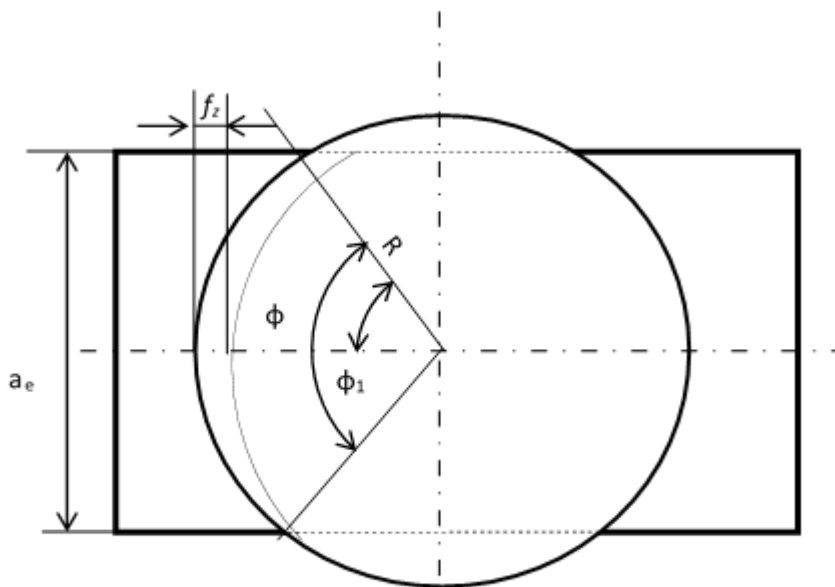
**Conditions de coupe :**

- $V_c=105 \text{ m/min}$ ,  $f_z1= 0.4 \text{ mm/dent}$
- 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 :  $7.5\text{KW}$ , 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

$\eta$ : 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  $N_r = 280 \text{ trs/min}$

- Calcul de  $V_{cr}$  :

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

**$V_{cr} = 109.9 \text{ m/min}$**

#### b- Calcul de $K_{cmcor}$ :

$K_{cTab} = 3000 \text{ MPa}$ . Cette valeur doit être corrigée en fonction de l'angle de coupe latéral  $\gamma_{fe}$  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  $\gamma_{fe}$  de la fraise utilisée :

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

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

$\varphi$  : angle de recouvrement exprimé en degrés

R : rayon de la fraise

- Calcul de l'angle de recouvrement  $\varphi$  :

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

- 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  $\gamma_{fe}$  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 $a_p$ :

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

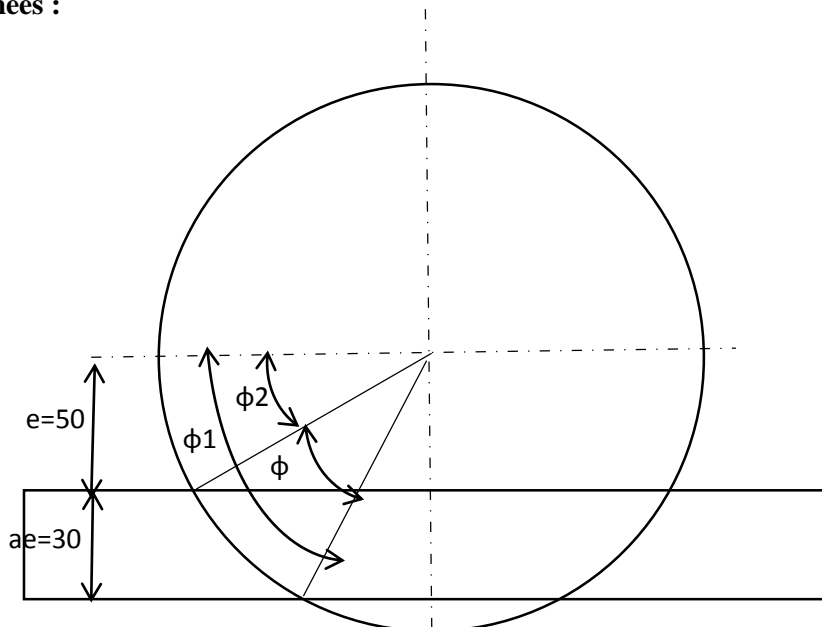
$$a_{pmax} = 1.77 \text{ mm}$$

### 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,  $K_{ctab} = 3000\text{MPa}$ .

**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 :

$$P_c = \frac{Q \cdot K_{cmcor}}{612 \cdot 10^2}$$

$P_c$  : Puissance nécessaire à la coupe en W

$Q$  : Débit de copeau en  $\text{mm}^3/\text{min}$

$K_{cmcor}$  : Effort spécifique de coupe moyen corrigé en MPa

Il convient donc de calculer  $Q$  et  $K_{cmcor}$  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 $K_{cmcor}$

$K_{cTab} = 3000\text{MPa}$ . Cette valeur doit être corrigée en fonction de l'angle de coupe latéral  $\gamma_{fe}$  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  $\gamma_{fe}$  de la fraise utilisée :

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

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

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

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

- ✓ 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 surfacage,  $h_m$  s'écrit :

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

$\varphi$  : 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  $\gamma_{fe}$  par le coefficient de correction  $f_h$  correspondant à l'épaisseur  $h_m$  calculée.

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

$$\mathbf{K_{cm\text{cor}} = 2291.73 \text{ MPa}}$$

### 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 :

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

$$\mathbf{P_M = 2.86 \text{ kW}}$$