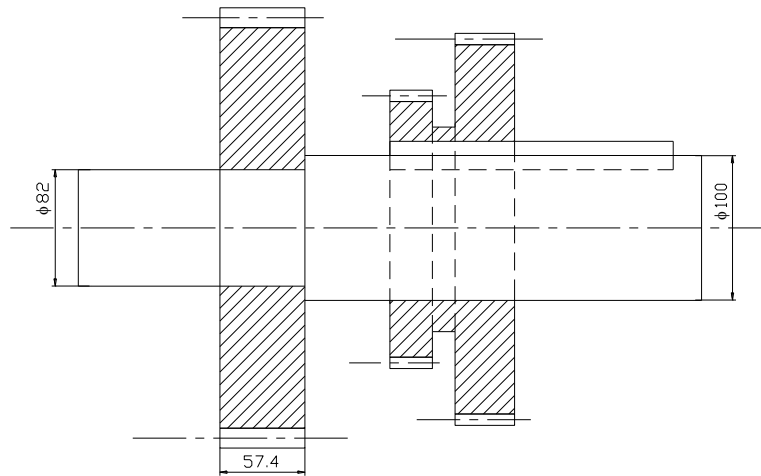


Exercice 1

Calculez l'ajustement à prévoir sur les portées de l'arbre représenté ci-dessus. Il s'agit :

1) d'un emmanchement fretté de caractéristiques géométriques :

$$\rho_e = \frac{r_e}{r_i} = 3$$

$$\frac{L}{d} = 0.7$$

$$\phi = 82$$

avec L étant la largeur de la bague dont l'état de surface est N7. La limite élastique de l'acier est égale à 540 N/mm². Discuter également de la technologie de frettage qui peut être mise en oeuvre.

2) d'un pignon couissant

Solution

La norme ISO préconise de prendre un alésage normal de qualité 8 et un arbre de qualité 7 lors de l'ajustement d'un emmanchement fretté. L'alésage étant connu (82H8), il faut déterminer l'arbre de qualité 7.

$IT_a \in [S_{\min}, S_{\max}]$. où S_{\min} et S_{\max} sont respectivement les serrages garantissant une transmission de couple et une résistance suffisante de l'ensemble fretté. Déterminons les :

a) S_{\min} (garantissant une transmission de couple suffisante)

$$C = \frac{P}{\omega} = 10^4 \cdot \left(\frac{d_n}{130} \right)^q$$

Puisque cette dernière expression surestime le couple C , nous pouvons nous contenter d'une sécurité s limitée à [1.1 ; 1.5] lors du calcul du couple C_f .

d_n étant le diamètre nominal

$$q = 3 \text{ si } d_n > 130$$

$$q = 4 \text{ si } d_n < 130$$

On trouve :

$$C = 10^4 \cdot \left(\frac{82}{130} \right)^4 = 1583 \text{ Nm}$$

En prenant un coefficient de sécurité maximal, on trouve :

$$C_f = 1.5 * C = 2375 \text{ Nm}$$

La pression minimale vaut dès lors :

$$p_{\min} = \frac{2 * 2375}{\pi * 0.15 * 0.7 * 0.082 * 0.082^2} = 2.613 * 10^7 \text{ Pa}$$

$$\text{et } S_{\min} = \frac{2 \cdot p_{\min} \cdot d_i}{E} \cdot \frac{\rho_e^2}{\rho_e^2 - 1} = \frac{2 * 2.613 * 10^7 * 82 * 10^{-3}}{217500 * 10^6} \cdot \frac{9}{8} = 22.16 * 10^{-6} \text{ m} = 22.16 \text{ } \mu\text{m}$$

En tenant compte de l'état de surface,

$$S_{\min, \text{réel}} = 22.2 + 3 \cdot (1.6 + 1.6) = 31.8 \text{ } \mu\text{m}$$

b) S_{\max} (garantissant une sécurité suffisante)

Puisque notre matériau est ductile, nous appliquerons le critère de la plus grande contrainte tangentielle.

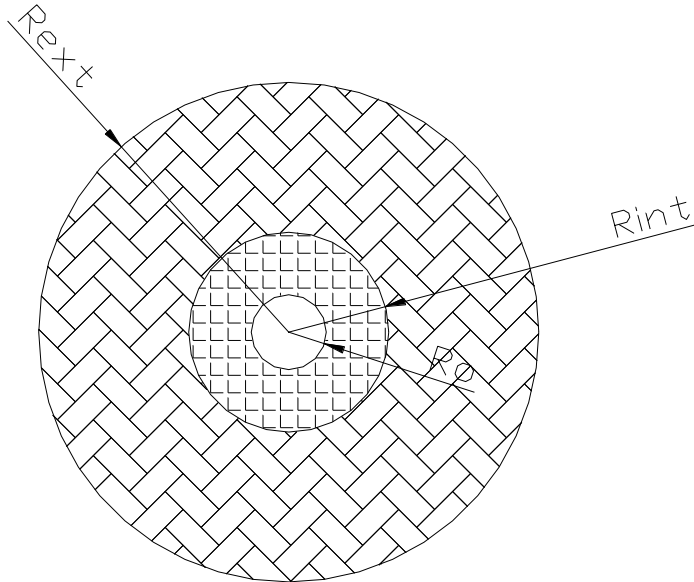
$$(\sigma_1 - \sigma_3) \leq R_e$$

Les contraintes extrêmes σ_1 et σ_3 au rayons r_i valent :

$$\sigma_1 = \lambda_e p; \sigma_3 = -p$$

$$\Leftrightarrow \sigma_c = \sigma_1 - \sigma_3 = p(\lambda_e + 1) = 2.25 * p \leq R_e = 540$$

$$\Leftrightarrow p_{1,\max} \leq 240 \text{ N/mm}^2$$



$$\text{avec } \lambda_e = \frac{\rho_e^2 + 1}{\rho_e^2 - 1} = \frac{10}{8} = 1.25$$

r_0 est le rayon intérieur de l'arbre creux

r_i est le rayon intérieur de la bague

r_e est le rayon extérieur de la bague

Au rayon r_0 :

λ_i tend vers 1 puisque r_0 tend vers 0 (arbre plein).

$$\sigma_1 = 0;$$

$$\sigma_3 = -\lambda_i p = \sigma_i$$

$$\Leftrightarrow \sigma_c = \sigma_1 - \sigma_3 = \lambda_i p$$

$$\Leftrightarrow p_{2,\max} \leq 540 \text{ N/mm}^2$$

Afin de respecter les deux conditions, il faut limiter la pression à 240 N/mm^2

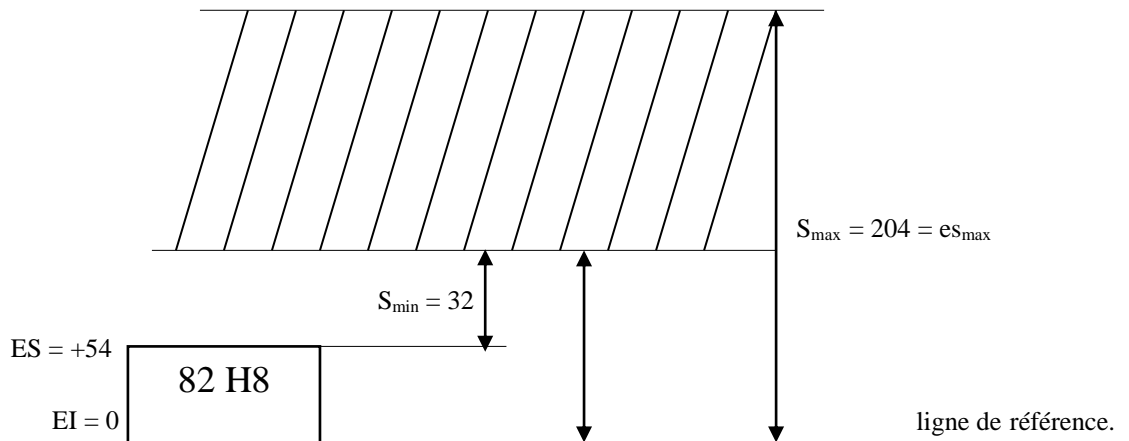
$$p_{\max} = \min(p_{1,\max}, p_{2,\max}) = 240 \text{ N/mm}^2$$

Le serrage maximum vaut par conséquent :

$$S_{\max} = S_{\min} \cdot \frac{p_{\max}}{p_{\min}} = 204 \mu\text{m}$$

c) Choix de l'ajustement

Nous prendrons un alésage normal de qualité 8 tel que préconisé par ISO. Quant à l'arbre de qualité juste inférieure (7), nous devons déterminer son type. Toutefois, nous venons de calculer les limites S_{\min} et S_{\max} entre lesquels les écarts fondamentaux de l'arbre doivent se trouver.



Il faudrait donc ajuster l'alésage avec un arbre dont les tolérances sont compris dans la zone hachurée ci-dessus. Autrement dit, il faut que les écarts inférieur et supérieur respectent :

$$ei \geq 54 + 32 = 86 \mu\text{m} \text{ et}$$

$$es \leq 204 \mu\text{m}.$$

les types t, u et v conviennent tous. Nous retiendrons celui dont le serrage moyen est le plus proche possible du serrage moyen limite.

Le serrage moyen théorique vaut :

$$S_{\text{moyen}} = \frac{204 + 32}{2} = 118 \mu\text{m}$$

C'est l'arbre u7 qui offre le meilleur serrage moyen.

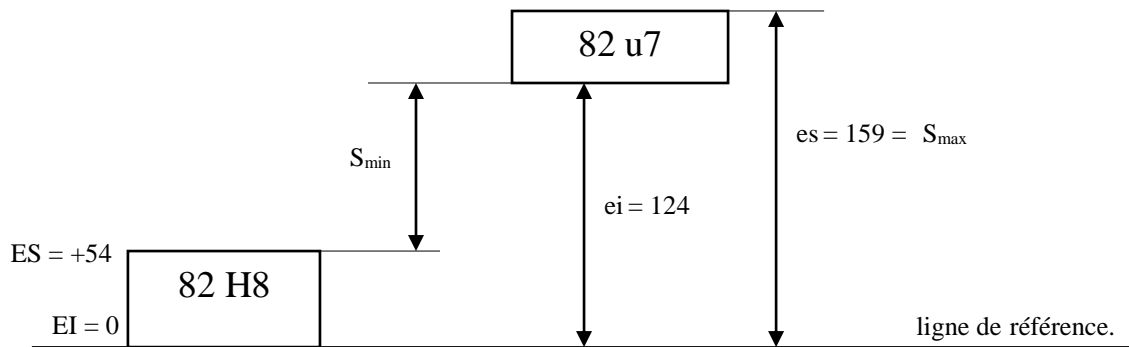
$$82u7 = 82_{+124}^{+159} :$$

$$S_{\text{moyen},82H8u7} = \frac{159 + (124 - 54)}{2} = 114.5 \mu\text{m}$$

$114.5 \approx 118 \mu\text{m}$, on adoptera donc l'ajustement 82 H8u7

d) Choix technologique

Compte tenu de l'ajustement choisi, nous devons déterminer en fonction des outils en présence, la technologie qui sera mise en oeuvre pour le frettage.



➤ Emmancement à la presse

La presse doit être capable de fournir une force :

$$F_e = \pi \cdot d_i \cdot L \cdot f \cdot p_{\max} \cdot s$$

où P_{\max} est la pression maximale pour l'ajustement choisi. Elle est aisément déterminée puisque le serrage maximale est connu $S_{\max} = 159 \mu\text{m}$.

La pression de serrage vaut :

$$p_{\max} = \frac{S_{\max} \cdot E}{2 \cdot d_i} \cdot \frac{\rho_e^2 - 1}{\rho_e^2} = \frac{159 * 10^{-6} * 217500 * 10^6}{2 * 82 * 10^{-3}} \cdot \frac{8}{9} = 187.4 \text{ N/mm}^2$$

D'où :

$$F_e = \pi \cdot d_i \cdot L \cdot f \cdot p_{\max} \cdot s = \pi * 0.082 * 0.7 * 0.082 * 0.15 * 1.874 * 10^8 * 2 = 83\,100 \text{ N}$$

➤ Emmancement à chaud

$$\alpha \cdot \Delta T = \frac{\Delta d}{d} = \frac{S_{\max} + J_0}{d_i}$$

Pour $d \geq 40 \Leftrightarrow J_0 = \text{jeu moyen sur l'ajustement } 82 \text{ H7g6}$

$$82\text{g6} = 82_{-34}^{-12} \quad \text{et} \quad 82\text{H7} = 82_0^{35}$$

Le jeu maximum vaut : $34 + 35 = 69 \mu\text{m}$

Le jeu minimum vaut : $12 \mu\text{m}$

Le jeu moyen vaut : $40.5 \mu\text{m}$

$$\Leftrightarrow \Delta T = \frac{1}{11 * 10^{-6}} \cdot \frac{1}{0.082} \cdot (159 + 40.5) = 221 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Leftrightarrow T = 221 + 15 = 236 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Nous devons donc disposer d'un four capable de monter jusqu'à cette température.

➤ Emmanchement à froid

$$\Delta d = 210 \cdot \alpha \cdot d_i = 210 * 9 * 10^{-6} * 0.082 = 155 \mu m$$

Cette contraction n'est pas suffisante pour garantir l'emmanchement.

En effet $S_{\max} + J_0 = 159 + 40.5 = 199.5 \mu m > 155 \mu m$.

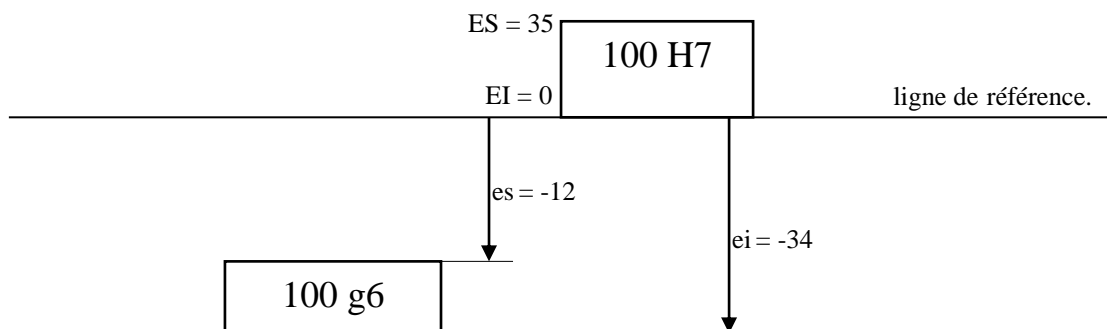
Il reste $44.5 \mu m$ à compenser ($159 + 40.5 - 155 = 44.5$). Nous échaufferons alors la roue jusqu'à une température T telle que :

$$\Delta T = \frac{1}{11 * 10^{-6}} \cdot \frac{44.5 * 10^{-6}}{82 * 10^{-3}} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Il faudra par conséquent chauffer le moyeu jusqu'à $65 \text{ } ^\circ\text{C}$; si l'ambiance est à $15 \text{ } ^\circ\text{C}$

2) Pignon coulissant

A défaut d'information plus précise, nous nous référons à la norme ISO qui, dans le cas particulier des pièces demandant un excellent guidage et ne se déplaçant qu'à faible vitesse, préconise un ajustement du type H7g6.



D'où l'ajustement qu'il faut est 100 H7g6