ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2012

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

04-MB-11
Propriétés des matériaux

---

1. Déformation des matériaux

Le chlorure de sodium est souvent cité comme le prototype d'un matériau fragile. Expliquer cette affirmation. Décrire le mécanisme de déformation de ce type de matériau. **(5 points)**

2. Essai de traction

Une tige cylindrique de 3 cm de diamètre et de 10 cm de haut est soumise à un essai de traction jusqu'à la rupture. Plusieurs matériaux sont disponibles.
Les propriétés mécaniques sont fournies dans le tableau 1 suivant :

matériau	Module d'élasticité	Limite d'élasticité	Limite à la rupture	ductilité	ténacité
A	72 GPa	250 MPa	350 MPa	15%	20 MPa√m
B	84	200	400	20	35

Tableau 1 : propriétés mécaniques
(le module d'élasticité est aussi appelé «module d'Young».
Les unités sont indiquées dans chaque colonne.

On suppose que la consolidation est linéaire.

2-1 Quel est l'allongement réversible maximum de l'éprouvette composé du matériau A? **(5 points)**

2-2 Quelle l'énergie dépensée pour rompre ce barreau? **(3 points)**

3. Propriétés mécaniques

Le tableau 2 ci-dessous donne les propriétés mécaniques de certains matériaux

matériau	Module d'élasticité	Limite d'élasticité	Résistance à la traction	Allongement à la rupture	Coefficient de dilatation thermique	Facteur critique d'intensité de contrainte, Kic
C	70 GPa	275 MPa	400 MPa	20 %	$18\ 10^{-6}\ {}^{0}C^{-1}$	20 MPa√m
D	210	200	500	10	$12\ 10^{-6}\ {}^{0}C^{-1}$	35
E	380	200	200	ND	$4\ 10^{-6}\ {}^{0}C^{-1}$	10
F	0,3	10	ND	80	ND	15

Les unités sont indiquées dans chaque colonne.
ND : non déterminée

Tableau 2 : propriétés mécaniques de certains matériaux

3-1 Quel est la classe du matériau F (métal, céramique, polymère)? Pourquoi? **(5 points)**

3-2 Propriétés mécaniques comparées :

3-3-1 Quel est le matériau le plus ductile ? **(3 points).**

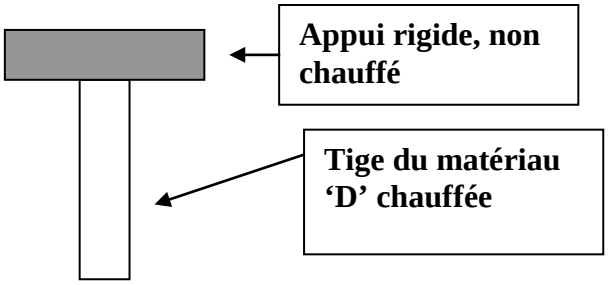
3-3-2 Quel est le matériau le plus fragile ? **(3 points).**

3-3-3 quel est le matériau qui possède la plus grande déformation réversible? **(2 points)**

Justifier vos réponses

4. Dilatation thermique

Une tige du matériau **D** (tableau 2) est chauffée. Les dimensions de cette tige sont les suivantes : Longueur de 20 cm, diamètre de 3 cm.



4-1 Cette tige est chauffée de 20 ^{0}C à 100 ^{0}C. Calculer son augmentation de longueur? **(3 points)**

4-2 Quelle est la contrainte qui s'exerce dans le matériau à cette température? **(2 points)**

5. Fatigue

The matériau est le 'D' du tableau 2.

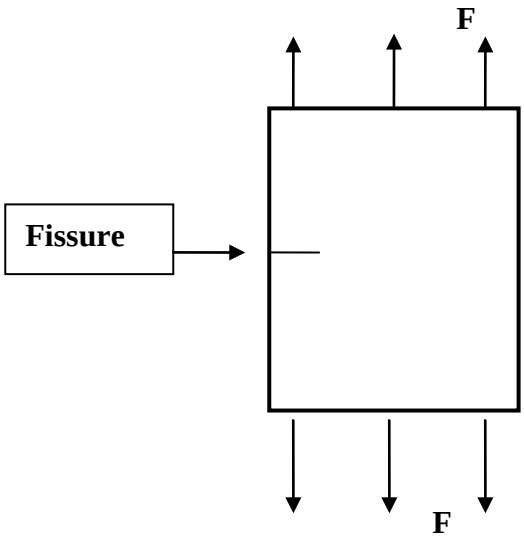
5-1 Quelle est la différence entre le seuil d'intensité de contrainte d'une fissure de fatigue ΔK_s (relation de Paris) et la limite d'endurance σ_D (courbes S-N)?. **(5 points)**

5-2 Le résultat classique d'un essai de propagation d'une fissure est décrit par la relation suivante :

$$\mathbf{da/dn = 8* 10^{-9}\ \Delta K^3,}$$

avec da/dn, la vitesse de propagation de la fissure, exprimée en mm/cycle et ΔK , la variation du facteur d'intensité de contrainte, en MPa√m.

La fissure est située dans une éprouvette de grandes dimensions, dont la géométrie est donnée ans le schéma suivant :



Hauteur : 15 cm
Largeur : 10 cm
Épaisseur : 1 cm
Longueur de la fissure initiale : 1 mm
La force appliquée varie de 0 à 50 kN; elle est appliquée uniformément sur les faces supérieure et inférieure

5-2-1 Quel est le nombre de cycles nécessaire pour que la fissure se propage de 3 à 5 mm ? **(3 points)**

5-2-2 Quelle est la longueur maximale que peut posséder la fissure sans que la pièce ne se rompe? **(3 points)**

6. Traitement thermique : durcissement structural et trempe

6-1 Qu'est-ce que le durcissement structural. Quels sont les matériaux qui sont sensibles à ce traitement thermique? Pourquoi? **(5 points)**

6-2 Quels sont les matériaux qui durcissent après trempe? Expliquer votre réponse. **(3 points)**

7. Traitement thermique des aciers

Le diagramme de phases suivant décrit les phases des aciers.

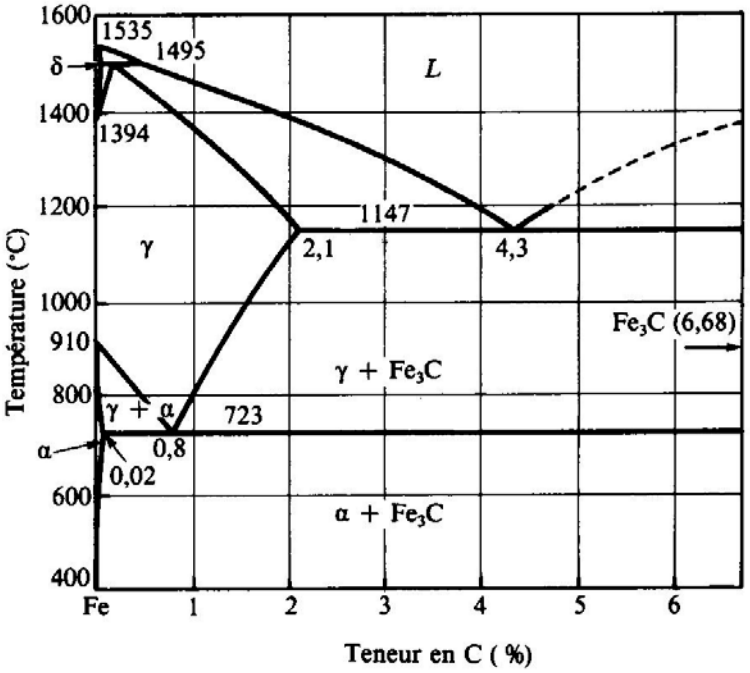


Figure 3 diagramme de phases Fe-C

7-1 Pour un alliage contenant 0,4%C, quel est le traitement thermique qui produit la plus grande dureté **(5points)**

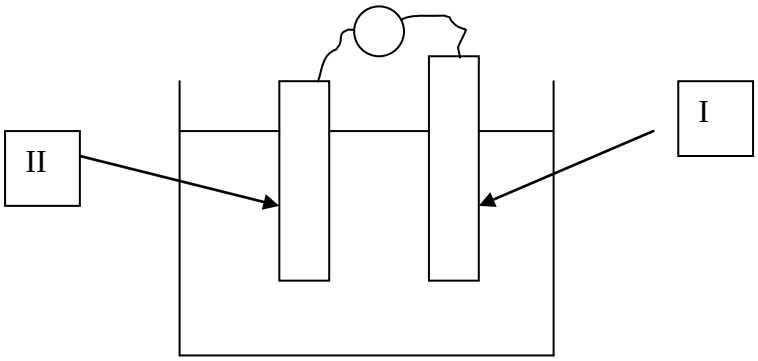
7-2 Calculer le pourcentage des phases présentes à la température de 200°C. **(5points)**

8. Modification des propriétés

Comparer le module d'élasticité (module d'Young) d'un acier trempé avec celui d'un acier qui a subi un recuit. Expliquer votre réponse. **(3 points)**

9. Corrosion

Deux plaques métalliques sont plongées dans un électrolyte, faiblement oxygéné.



Le cercle représente un ampèremètre.

Le matériau I est de l'aluminium et le matériau II est du fer. La profondeur immergée est de 10 cm, la largeur du matériau I est de 2 cm, celle du matériau II est de 1 cm. L'épaisseur des 2 échantillons est de 3 mm.

9-1 Quel est le matériau qui se corrode ? Pourquoi? **(5 points)**

9-2 Sachant que le courant mesuré est de 12 µA, calculer le temps de vie du montage, c'est-à-dire le temps de disparition de l'anode? **(5 points)**

	A (g/mole)	**n (valence)**	**densité (g/cm3)**
Fer	**56**	**2**	**7,8**
Al	**27**	**3**	**2,7**

Tableau 3 : propriétés électrochimiques

Tableau 8.1 Potentiels standard d'équilibre d'oxydo-réduction, à 25 °C

Réaction	Potentiel standard d'équilibre E_H (V)
$Au \rightleftarrows Au^{3+} + 3e$	+1,50
$2\,H_2O \rightleftarrows O_2 + 4\,H^+ + 4e$	+1,23
$Pt \rightleftarrows Pt^{2+} + 2e$	+1,19
$Ag \rightleftarrows Ag^+ + e$	+0,80
$4\,OH^- \rightleftarrows O_2 + 2\,H_2O + 4e$	+0,40
$Cu \rightleftarrows Cu^{2+} + 2e$	+0,34
$H_2 \rightleftarrows 2H^+ + 2e$	0
$Pb \rightleftarrows Pb^{2+} + 2e$	−0,13
$Sn \rightleftarrows Sn^{2+} + 2e$	−0,14
$Ni \rightleftarrows Ni^{2+} + 2e$	−0,25
$Cd \rightleftarrows Cd^{2+} + 2e$	−0,40
$Fe \rightleftarrows Fe^{2+} + 2e$	−0,44
$Cr \rightleftarrows Cr^{3+} + 3e$	−0,74
$Zn \rightleftarrows Zn^{2+} + 2e$	−0,76
$Al \rightleftarrows Al^{3+} + 3e$	−1,67
$Mg \rightleftarrows Mg^{2+} + 2e$	−2,37
$Na \rightleftarrows Na^+ + e$	−2,71

d'après le livre 'des Matériaux'

10. <u>Traitement thermique</u>

Le diagramme de phases ci-dessous décrit les alliages Au-Pb.

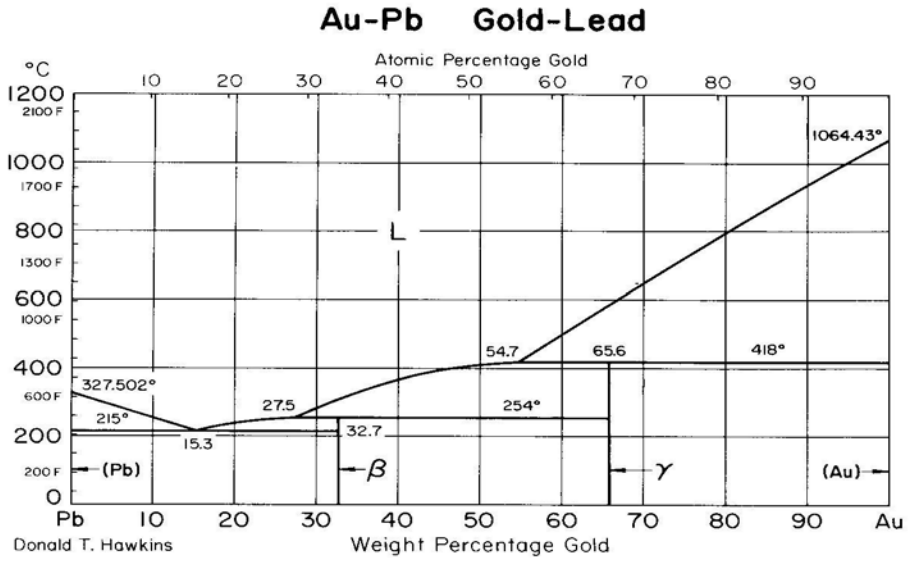


Figure 4: diagramme de phases Au-Pb
(figure p268 de ASM vol. 8 8ed)

On désire modifier les propriétés mécaniques d'un alliage qui contient 20 % d'or.

10-1 Comment peut-on augmenter les propriétés mécaniques de cet alliage ? **(2 points)**

10-2Quel(s) est (sont) la ou les compositions des eutectiques ? **(2 points)**

10-3 Dessiner la courbe de refroidissement de cet alliage depuis la température de 400^0C jusqu'à la température ambiante. **(3 points)**

11. <u>Polymères</u>

11-1 Quels sont les polymères qui sont sensibles à la réticulation? Comparer les propriétés d'un polymère réticulé à celles d'un polymère amorphe. Donner et décrire un exemple. **(5 points)**

11-2 Comment augmenter la température de fusion d'un polymère thermo-plastique ? **(5 points)**

12. <u>Céramiques</u>

12-1 Quelles sont les propriétés mécaniques des céramiques ? **(5 points)**

12-2.Les céramiques sont sensibles à l'effet d'entaille. Pourquoi ? **(5points)**