

Examen final TE51, partie « cryogénie » (10 points).

Exercice 1 : Influence de la température sur les propriétés d'un métal.

On considère une pièce en **acier doux** soumise à des températures comprises entre 20 °C et 600 °C. On souhaite étudier l'évolution de ses propriétés mécaniques (module d'élasticité, limite d'élasticité) et électriques (résistivité) en fonction de la température.

Données :

Module d'élasticité à 20 °C : $E_{20}=210 \text{ GPa}$

Coefficient de variation du module d'élasticité : $\alpha_E=-0,05 \text{ \%}/^\circ\text{C}$

Limite d'élasticité à 20 °C : $\sigma_{y,20}=250 \text{ MPa}$

Coefficient de variation de la limite d'élasticité : $\alpha_\sigma=-0,08 \text{ \%}/^\circ\text{C}$

Résistivité électrique à 20 °C : $\rho_{20}=1,6 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$

Coefficient de température de la résistivité : $\alpha_\rho=+0,004 \text{ }/^\circ\text{C}$

Questions :

1. Calculez le module d'élasticité de l'acier à 600 °C, commentez.
2. Calculez la limite d'élasticité de l'acier à 600 °C, commentez.
3. Calculez la résistivité électrique de l'acier à 600 °C, commentez.
4. Discutez brièvement l'impact de ces variations sur une pièce soumise à des efforts mécaniques et à un courant électrique.
5. Proposer une solution technique pour améliorer la tenue mécanique ou électrique à haute température.

Exercice 2 : Questions de cours (Cryogénie).

1. Expliquez ce qu'est le zéro absolu, qu'est ce que cela signifie d'un point de vue matériau ?
2. Quel impact peuvent avoir les basses températures sur le comportement des différents métaux et alliages ?
3. C'est quoi la dilatation différentielle ? pourquoi cela se produit-il ?
4. Comment peut-on diminuer les apports de chaleur par conduction ? Donnez un exemple.

Final TE51, partie « céramiques » (5 points)

1. Question de cours

Quel est le procédé le plus utilisé pour fabriquer les pièces en céramique ? expliquer pourquoi et décrire brièvement les processus de fabrication de carrelage.

2. Exercices :

- 1) On doit choisir un matériau pour fabriquer une plaque subie le cyclage thermique entre 0-1200°C, à votre avis quel matériau suivant est le meilleur candidat ?

Matériaux	σ_f /MPa	ν	$\alpha / 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	E/GPa
Al ₂ O ₃	345	0,22	7,4	379
SiC	414	0,17	3,8	400
TZP	1300	0,25	10,0	200
Verre (SiO ₂)	71	0,21	9,0	78
Si ₃ N ₄	690	0,27	3,2	310
LAS-4	138	0,27	1,0	70

D'où

σ_f : résistance de rupture de matériau

ν : coefficient de Poissons,

α : coefficient de dilatation

E : module d'élasticité

TZP : TZP tetragonal zirconia polycrystal (ZrO₂)

LAS-4 : Li₂O-Al₂O₃-SiO₂-4%TiO₂

3 : Croissance sous critique d'une fissure en fatigue statique

Une éprouvette en SiC de traction simple est soumise à une contrainte constante de 70MPa sous air à 1200°C. Dans ces conditions, à haute température, le facteur de sensibilité à la fissuration sous critique est $n = 2.6$ et la constante de calibration $A = 1,8 \times 10^{-23}$.

- a) Au bout de deux minutes, quelle sera la taille a d'un défaut débouchant dont la taille initiale a_0 était de 60 μm ?
- b) Sachant que la ténacité du matériau est de 4,2 MPa.m^{1/2}., déterminer la taille critique du défaut a_c , et calculer ensuite la durée de rupture de la pièce en minutes.

Oxydation du Cobalt

Le cobalt peut former plusieurs oxydes, CoO , Co_3O_4 , Co_2O_3 , le premier qui se forme à basse pression d'oxygène est l'oxyde CoO .

Le graphique ci-dessus illustre des résultats obtenus par différents auteurs lors de l'oxydation du cobalt à haute température.

Ces résultats sont nettement regroupés en deux catégories illustrées par des lignes pleines pour un premier groupe et par des lignes pointillées pour le deuxième.

Sachant que l'oxyde de cobalt CoO est un semi-conducteur de type p répondant à la formule générique $M_{1-x}O$. En adoptant la même démarche effectuée lors de l'étude de l'oxydation du cuivre, répondez aux questions suivantes

1. Déterminer l'expression de la constante parabolique d'oxydation K'' suivant Arrhénius. En déduire les énergies d'activation du processus d'oxydation du Cobalt pour chaque groupe de résultats.
2. Y a t il une différence notable entre les deux groupes d'auteurs.
3. Ecrire les différentes équations de formation des défauts attendus dans l'oxyde de cobalt.
4. Déduire la nature de ces défauts suivant les deux groupes d'auteurs.
5. Un des deux groupes d'auteurs explore une plage de pression d'oxygène plus étendue. un comportement particulier apparaît pour les pressions élevées d'oxygène. Comment expliquez-vous ce comportement ?

50 High Temperature Oxidation of Metals

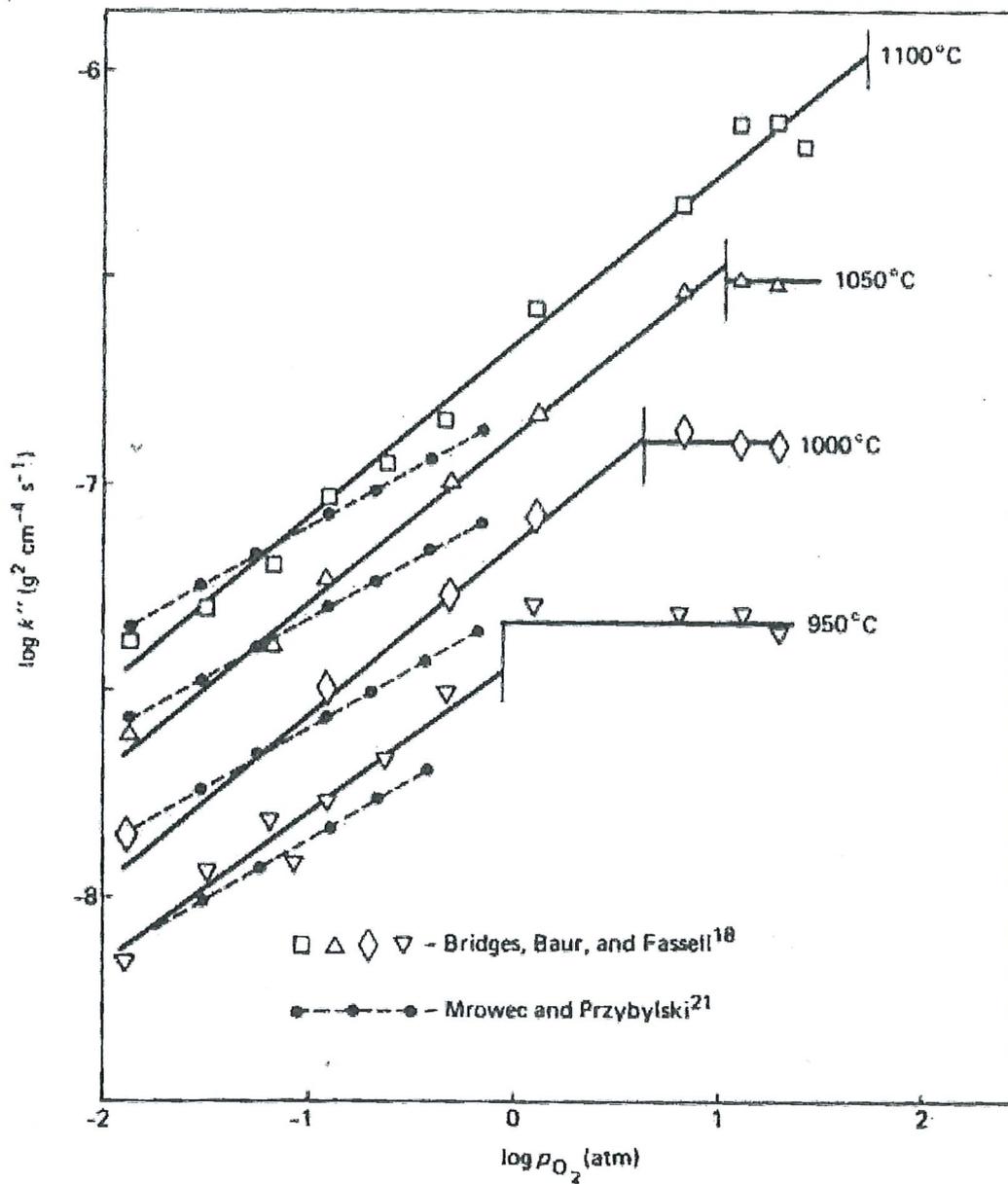


Fig. 3.11 Variation of the parabolic rate constant with oxygen partial pressure and temperature for the oxidation of cobalt, showing the results of Bridges, Baur, and Fassell¹⁸ and Mrowec and Przybylski²¹