

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

Sous-épreuve spécifique à chaque option

Option A : Traitements Thermiques

- U4.3A -

SESSION 2024

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Corrigé

Exercice 1 : Cémentation : 11 points			
1. Définition Une cémentation est un traitement thermochimique d'enrichissement en carbone de la zone superficielle d'un acier. Ce traitement est réalisé dans le domaine austénitique et suivi d'une trempe. Le but est de durcir la surface tout en gardant des propriétés de résilience à cœur.		0,5 0,5	1
Partie A : Étude d'une atmosphère de cémentation.		5 pts	
2. $\text{CH}_4 + 0,5(\text{O}_2 + 3,76 \text{ N}_2) \rightarrow \text{CO} + 2 \text{ H}_2 + 1,88 \text{ N}_2$ Le facteur 3,76 correspond au rapport 79%/21%. Il signifie qu'une mole d'air correspond à 1 mole de O_2 et 3,76 moles de N_2 .		0,5 0,5	1
3. - Composition de l'atmosphère obtenue. Elle est donc formée de - $\text{CO} + 2\text{H}_2 + 1,88\text{N}_2$: le total est de 4,88 moles. - La fraction molaire de CO est : $x(\text{CO}) = (1 / 4,88) \cdot 100 = \mathbf{20,5\%}$. - De même pour les autres : $x(\text{H}_2) = \mathbf{41\%} \qquad x(\text{N}_2) = \mathbf{38,5\%}$ la composition est compatible avec celle donnée dans l'introduction		0,5 0,75 0,25	1,5
4. Lecture sur le graphe : n_a proche de 0,25 On attend le tracé		0,5	2,75
5. $\text{CH}_4 + 2(\text{O}_2 + 3,76 \text{ N}_2) \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + 7,52 \text{ N}_2$		1	
6. Démonstration du facteur d'air n_a $n_a = 0,5/2 = 0,25$		0,75	
7. Si n_a est $>0,25$ on risque de former CO_2 et H_2O oxydants Il y a risque d'oxydation en surface et arrêt du traitement thermique.		0,5	
Partie B : Durée d'un traitement de cémentation.			
8. Le phénomène de diffusion de particules dans un milieu est le déplacement de ces particules dans ce milieu provoqué par un déséquilibre. Les lacunes sont des défauts cristallins. Il s'agit d'un nœud qui devrait normalement porter un atome et qui est pourtant vide. Un atome adjacent à cette lacune peut venir dans la lacune. Il y a ainsi un déplacement d'atome et de lacune.		0,5 0,5	4,75
9. $\frac{D_1}{D_2} = \frac{D_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_1}\right)}{D_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_2}\right)} = \exp\left(\frac{-E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right)$		0,5	
10. $\frac{D_1}{D_2} = 0,79$ Quand on augmente la température le coefficient de diffusion augmente		0,5 0,25	
11. $x = 2u\sqrt{D_1 \cdot \Delta t_1} = 2u\sqrt{D_2 \cdot \Delta t_2}$ donc $D_1 \cdot \Delta t_1 = D_2 \cdot \Delta t_2$		1	
12. - La diffusion augmente avec la température. La diffusion est plus rapide et donc une durée plus courte permet d'atteindre la même profondeur.		0,5	
13. $\Delta t_2 = (D_1 / D_2) \cdot \Delta t_1 = 0,79 \times 4 \text{ h} = 3,16 \text{ h} = 3\text{h } 10 \text{ min}$		0,75 0,25	

Le gain de productivité est tout à fait significatif					
Exercice 2 : Radiocristallographie : 9 points					
Partie A : Émission des RX					
1. $W = e.U_{AC} = 1,60 \times 10^{-19} . 40000 = 40000 \text{ eV}$ $= 6,4 . 10^{-15} \text{ J}$				0,5 0,5	3
2. Loi de Planck : $\Delta E = h\nu = hc = \frac{hc}{\lambda}$ $\lambda_{LK} = \frac{hc}{\Delta E_{LK}}$ $\lambda_{LK} = \frac{hc}{\Delta E_{LK}} = \frac{1,986.10^{-25}}{1,2874.10^{-15}} = 1,54.10^{-10} \text{ m}$ $\lambda_{MK} = \frac{hc}{\Delta E_{MK}} = \frac{1,986.10^{-25}}{1,4248.10^{-15}} = 1,39.10^{-10} \text{ m}$				0,5 0,5 0,5	
3. Le domaine des rayons X s'étend de 10^{-11} à 10^{-8} m . Ces longueurs d'ondes se situent dans le domaine des rayons X $10^{-11} < \lambda_{LK} < 10^{-8} \text{ m}$ $10^{-11} < \lambda_{MK} < 10^{-8} \text{ m}$				0,5	
Partie B : Utilisation des rayons X : Méthode de Debye Scherrer :					
4. Les indices hkl des plans réticulaires sont de même parité : tous pairs ou tous impairs. Le Nickel cristallise donc dans le réseau CFC				0,5	
5. Démonstration issue de la loi de Bragg					1
6. Tableau 2 : ($\lambda = 0,15418 \text{ nm}$)					2,5
Anneau i	$4\theta_i$	θ_i	hkl	$\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$	a (nm)
1	$89,12^\circ$	$22,28^\circ$	111	$\sqrt{3}$	$0,15418 \times \frac{\sqrt{3}}{2\sin(22,28)} = 0,3522$
2	$103,7^\circ$	$25,93^\circ$	200	$2 = \sqrt{4}$	$0,15418 \times \frac{\sqrt{4}}{2\sin(25,93)} = 0,3526$
3	$153,76^\circ$	$38,19^\circ$	220	$\sqrt{8}$	$0,15418 \times \frac{\sqrt{8}}{2\sin(38,19)} = 0,3527$
$\bar{a} = \frac{0,3522 + 0,3526 + 0,3527}{3} = 0,3525 \text{ nm}$					0,5
7. $r = \frac{a\sqrt{2}}{4} = \frac{0,353\sqrt{2}}{4} = 0,125 \text{ nm}$					1,5