

SESSION 2007

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES
Sous-épreuve spécifique à chaque option
Option A : Traitements Thermiques
- U4.3A -

DUREE : 2 HEURES

COEFFICIENT : 2

Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n°99-186
du 16 novembre 1999

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 5 pages, numérotées de 1 à 5.

Le VIDE et son utilisation en traitement des matériaux

L'utilisation du vide s'est fortement répandue dans les traitements des matériaux ces dernières années. Ce sujet aborde différents aspects de son utilisation.

Les deux parties sont strictement indépendantes et bon nombre de questions également.

Partie A : Quelques généralités sur le vide.

1. Citer deux catégories (classes) de vide.
2. L'unité de pression la plus utilisée en traitements des matériaux sous vide est le millibar (mbar). Rappeler quelle est l'unité légale de pression puis indiquer la correspondance entre le mbar et l'unité SI.
3. Citer deux catégories de pompes à vide.
4. Indiquer quel type de jauge est utilisée pour mesurer l'une des deux catégorie de vide.

Partie B : Quelques éléments de comparaison cémentation gazeuse traditionnelle / cémentation basse pression (appelée aussi cémentation sous vide)

1. La cémentation gazeuse "traditionnelle".
 - 1.1. Donner la composition qualitative du gaz porteur en cémentation gazeuse "traditionnelle".
 - 1.2. Rappeler la définition exacte du potentiel carbone d'une atmosphère.
 - 1.3. Quel est l'effet d'une addition de méthane (ou d'un autre gaz carburant) sur le potentiel carbone d'une atmosphère ?
 - 1.4. Citer deux méthodes de mesure du potentiel carbone. Expliquez en quelques lignes le principe d'une méthode de mesure du potentiel carbone de votre choix.

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX			
Durée : 2 Heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2007
Code : TMPC A	Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.3 A Option A : Traitements Thermiques		Page 2 / 5.

Sous-épreuve spécifique à chaque option : Sciences Physiques et Chimiques
Option A : Traitements Thermiques

2. Réactions en jeu lors de la cémentation sous basse pression.

Dans un four sous vide chauffé à la température de cémentation, on introduit un hydrocarbure gazeux : par exemple du propane.

Si la pression dans le four est suffisamment basse, ce gaz va se décomposer par effet catalytique au contact de la pièce métallique en dihydrogène H_2 et en carbone. Ce carbone va enrichir la surface de la pièce et ensuite diffuser plus en profondeur dans la pièce.

Pour répondre aux questions ci-dessous, on se placera dans l'hypothèse que l'équilibre thermodynamique est atteint. Les résultats qualitatifs qu'on peut tirer de cette étude sont tout à fait valables.

- 2.1. Ecrire le bilan de la réaction de craquage du propane C_3H_8 en dihydrogène H_2 et en carbone.
- 2.2. En utilisant les données thermodynamiques jointes, calculer la variation d'enthalpie standard de la réaction $\Delta_r H^\circ$ associé à cette réaction. Conclure sur la nature endothermique ou exothermique de la réaction.
- 2.3. En déduire qualitativement le sens de déplacement de l'équilibre si on augmente la température du four.
- 2.4. Déterminer la variation d'enthalpie libre standard de réaction $\Delta_r G^\circ$ à $950^\circ C$. On négligera l'influence de la température sur les variations d'enthalpie et d'entropie (Hypothèses d'Ellingham).
- 2.5. En déduire la valeur de la constante d'équilibre à cette même température. La réaction peut elle être considérée comme totale (quantitative)?
- 2.6. En vous basant sur le principe de modération (loi de Le Châtelier), expliquez en quoi une baisse de la pression dans l'enceinte du four est favorable au craquage du propane.

Données thermodynamiques (à $25^\circ C$):

	<i>Etat</i>	$\Delta_f H^\circ$ ($kJ.mol^{-1}$)	S_f° ($J.mol^{-1}.K^{-1}$)
C	<i>s (graphite)</i>	0	5,69
H_2	<i>g</i>	0	130,59
C_3H_8	<i>g</i>	-103,85	262,9

Avec $R=8,314$ u SI

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX			
Durée : 2 Heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2007
Code : TMPC A	Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.3 A Option A : Traitements Thermiques		Page 3 / 5.

Sous-épreuve spécifique à chaque option : Sciences Physiques et Chimiques
Option A : Traitements Thermiques

3. Influence de la température sur le phénomène de diffusion du carbone.

En cémentation sous basse pression, les températures de traitements sont généralement plus élevées qu'en cémentation sous atmosphère.

3.1. Comparer la valeur du coefficient de diffusion du carbone dans le fer γ pour une température de 890°C (cas d'une cémentation sous atmosphère) et celle pour une température de 950°C (cas d'une cémentation sous basse pression).

On rappelle que le coefficient de diffusion D varie avec la température suivant une loi de type ARRHENIUS

$$D = D_0 \cdot e^{-\frac{\Delta_D H}{R \cdot T}} \text{ avec pour le cas du carbone}$$

$$D_0 \approx 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\Delta_D H : \text{variation d'enthalpie de diffusion} = 134 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Constante des gaz parfaits : } R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

3.2. Que peut on en déduire dès à présent concernant la durée de la phase de diffusion en cémentation basse pression par rapport à celle en cémentation gazeuse "traditionnelle".

4. Influence du gradient de concentration sur le phénomène de diffusion du carbone.

4.1. On rappelle que la 1ère loi de FICK s'écrit : $J = -D \cdot \left(\frac{dC}{dx}\right)$. dans le cas d'une

diffusion monodirectionnelle

A quoi correspondent les différentes termes de la formule ci dessus? Que traduit concrètement cette loi?

4.2. En cémentation sous basse pression, le flux de carbone de l'atmosphère vers la surface de la pièce est sensiblement plus important qu'en cémentation sous atmosphère. De ce fait, on arrive à des concentrations en carbone dans la zone superficielle bien plus importantes en cémentation basse pression qu'en cémentation gazeuse "traditionnelle".

Que peut-on en déduire sur la quantité de carbone ayant diffusée en profondeur pendant une durée donnée en cémentation basse pression par rapport à la cémentation gazeuse traditionnelle ?

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX			
Durée : 2 Heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2007
Code : TMPC A		Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.3 A Option A : Traitements Thermiques	Page 4 / 5.

Sous-épreuve spécifique à chaque option : Sciences Physiques et Chimiques
Option A : Traitements Thermiques

5. Calcul de la durée nécessaire pour obtenir une profondeur de cémentation donnée en cémentation gazeuse traditionnelle.

Considérons une pièce en acier dont la concentration massique initiale en carbone est de 0,15%. On veut la cémenter de manière à avoir une profondeur conventionnelle x_c égale à 0,6 mm.

On estimera que la profondeur conventionnelle correspond à la profondeur à laquelle la concentration massique en carbone est égale à 0,35%.



La température du traitement est de 930°C.

On soumet la pièce à une carburation dans une atmosphère de potentiel carbone égale à 0,85%.

L'évolution de la concentration massique en carbone en fonction de la profondeur x et de la durée t est donnée par la loi :

$$C(x,t) = C_S + (C_0 - C_S) \cdot \text{erf}(u)$$

où u est la variable de CAUCHY : $u = \frac{x}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}}$

C_S : concentration massique en surface

C_0 : concentration massique à coeur

D : coefficient de diffusion.

t : durée de diffusion

Quelle est la valeur de C_S ?

Calculer $\text{erf}(u)$ pour $C = 0,35\%$.

Pour cette valeur de $\text{erf}(u)$, on trouve $u = 0,754$

En déduire la durée t nécessaire pour obtenir une profondeur conventionnelle de cémentation égale à 0,6 mm.

Donnée : $D(930^\circ\text{C}) = 1,52 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX			
Durée : 2 Heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2007
Code : TMPC A	Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.3 A Option A : Traitements Thermiques		Page 5 / 5.