Amérique du Nord 2012

EXERCICE III : ANODISATION DE L'ALUMINIUM (4 points)

Un amateur d'aéromodélisme souhaite protéger des rayures les pièces en aluminium présentes dans son modèle réduit d'avion. Pour cela, il utilise un traitement de surface qui consiste à anodiser l'aluminium afin de le durcir.
En effet, une couche d'alumine (Al_2O_3) *de très faible épaisseur recouvre naturellement l'aluminium mais cette couche fine est sujette à la détérioration.*
L'anodisation consiste à oxyder en surface la pièce en aluminium ; la couche d'alumine ainsi formée est plus épaisse et garantit une plus grande dureté.

Données :
Couples oxydant/réducteur : $Al_2O_{3(s)}$ / $Al_{(s)}$; $O_{2(g)}$ /$H_2O_{(l)}$; $H^+_{(aq)}$ / $H_{2(g)}$.
Constante d'Avogadro : $\mathcal{N}_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ;
Charge électrique élémentaire : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C ;
Masse molaire de l'alumine $M(Al_2O_3) = 102$ $g.mol^{-1}$
Masse volumique de l'alumine $\rho(Al_2O_3) = 4{,}0$ $g.cm^{-3}$

1. Principe de l'anodisation

La pièce d'aluminium propre est utilisée comme anode lors de l'électrolyse d'une solution aqueuse d'acide sulfurique ($2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$) de concentration molaire en soluté apporté $C = 2{,}0$ $mol.L^{-1}$. La cathode est constituée d'un bâton de graphite. On utilise un générateur de tension continue et un ampèremètre.

1.1. Indiquer le sens conventionnel du courant électrique et le sens de circulation des électrons sur le document 1 de **l'ANNEXE à rendre avec la copie**.

1.2. Un dégagement gazeux se produit à la cathode. Écrire la demi-équation (1) d'oxydo-réduction expliquant cette observation en utilisant l'un des couples cités dans les données précédentes. Justifier le choix du couple.

1.3. Sachant que la pièce en aluminium doit être oxydée, indiquer sur le document 1 de **l'ANNEXE à rendre avec la copie** l'emplacement du bâton de graphite et celui de la pièce.

1.4. Écrire la demi-équation (2) associée au couple $Al_2O_{3(s)}$ / $Al_{(s)}$.

1.5. En déduire que l'équation d'oxydo-réduction de la réaction d'électrolyse s'écrit :

$$2\ Al_{(s)} + 3\ H_2O_{(l)} = Al_2O_{3(s)} + 3\ H_{2(g)}$$

1.6. S'agit-il d'une transformation spontanée ou forcée ? Justifier.

2. Étude quantitative de l'électrolyse

La surface de la pièce à anodiser est S = 9,0 cm^2. L'intensité I du courant délivrée par le générateur est maintenue à 120 mA pendant la durée Δt = 18 min de l'électrolyse.

2.1. Exprimer la quantité de matière d'électrons échangée, notée $n(e^-)$, pendant l'électrolyse en fonction de I, $\mathcal{N}_A$, Δt et e.

2.2. Quelle relation existe-t-il entre la quantité de matière d'alumine formée, notée $n(Al_2O_3)$, et la quantité de matière d'électrons échangée, $n(e^-)$?

2.3. Montrer que la masse maximale m_{max} d'alumine formée au niveau de la pièce a pour expression :

$$m_{max} = \frac{I \times \Delta t}{6 \times \mathcal{N}_A \times e} \times M(Al_2O_3)$$

Calculer sa valeur.

2.4. Le rendement r de l'électrolyse est de 90 %. En déduire la masse $m(Al_2O_3)$ d'alumine réellement formée.

2.5. L'amateur d'aéromodélisme souhaite obtenir une couche d'alumine d'une épaisseur minimale d = 7,0 µm sur toute la surface de la pièce.

2.5.1. Calculer le volume $V'(Al_2O_3)$ d'alumine minimal à déposer.

2.5.2. Déterminer la masse $m'(Al_2O_3)$ correspondante.

2.5.3. L'épaisseur minimale d'alumine souhaitée n'est pas obtenue. Quels paramètres de l'électrolyse peut-il modifier pour augmenter la quantité d'alumine déposée ?

ANNEXE à rendre avec la copie

Exercice III : Anodisation de l'aluminium

Questions 1.1 et 1.3

