

INFLUENCE DU DÉPÔT ZÉOLITIQUE SUR LA RÉSISTANCE À LA CORROSION D'ALLIAGE D'ALUMINIUM 6082 T651

LABED Abdellatif¹, NIBOU Djamel², IDIR Brahim¹, IBAGHOUCHE Razika²

¹Research center in industrial technologies CRTI, P.O.Box 64, Chéraga 16014 Algiers, Algeria,
a.labed@csc.dz

²University of Science and Technology Houari Boumediène, P.O.Box 32 El Alia Algiers, Algeria

RÉSUMÉ

Le but de cette étude est d'étudier le comportement électrochimique de différents dépôts zéolitiques en milieu NaCl, sur l'aluminium de la série 6xxx. Dans ce contexte, des films de zéolite constituée de divers types ont été synthétisés et déposés selon un protocole général par un traitement hydrothermal. En premier lieu, une zéolite fortement silicique (zéolite hydrophobe), la deuxième étape, un dépôt d'une autre couche de la même structure MFI, connue pour sa propriété inhibitrice contre des environnements agressifs appelée ZSM-5; et enfin un dépôt de la zéolithe appelé Y. Le comportement à la corrosion des échantillons revêtus dans une solution de l'eau de mer artificiel 3.5% ont été étudiés en utilisant diverses techniques, telles que, potentiel à circuit ouvert, la polarisation potentiodynamique et la spectroscopie d'impédance électrochimique, un circuit électrique équivalent a été identifié pour simuler les données d'impédance expérimentales lors de l'immersion dans une solution de NaCl.

Mots Clés : *dépôt zéolitique, cristallisation, aluminium 6082 T651, corrosion.*

1. INTRODUCTION

Les propriétés mécaniques remarquables des alliages aluminium sont en effet à l'origine de leurs qualifications pour des domaines aussi exigeants de la construction. Ils ont particulièrement participé au développement de tous les moyens de transport modernes et en particulier de l'aéronautique, principalement à cause de sa légèreté (densité d'environ 2,7). Néanmoins, la stabilité chimique de ces surfaces métalliques n'est pas suffisante face aux milieux agressifs. Il est bien connu que l'aluminium et ces alliages sont résistants à la corrosion en milieu chimiquement neutre due à la couche d'oxyde Al₂O₃ en surface formé naturellement par l'oxygène de l'air. Cependant, en milieu chlorure, acide ou alcalin, la fine couche d'alumine formée est soluble donnant naissance à des piquuration [1].

En effet, ces films zéolitiques déposés sur des pièces de structure prétraités revêtent un intérêt particulier de par leur légèreté, leur résistance mécanique et thermique et surtout contre la corrosion. [2].

L'objectif donc de cette étude pour et faire ressortir une description de l'influence des dépôts zéolitique sur les mécanismes de corrosion d'alliage d'aluminium dans des environnements agressif. Cheng et al. [3] et Beving et al. [4] ont synthétisé des revêtements en zéolite sur différents alliages d'aluminium (AA2024-T3, AA5052-H32, AA6061-T4 et AA7075-T6) par le procédé de cristallisation in situ (hydrothermale). Ils ont indiqué que la méthode de cristallisation in situ développe de façon plus générale des revêtements zéolite denses et uniforme. Ce qui a amélioré de manière significative la résistance à la corrosion de ces alliages d'aluminium dans divers électrolytes acides, neutres et basiques. Il a également l'intention de contribuer à l'amélioration de la compréhension des phénomènes de corrosion et le défi ultime est de trouver la façon la plus appropriée pour lutter contre la corrosion.

2. METHODE EXPERIMENTALE

2.1 Echantillons :

L'aluminium commercial acheté et disponible employé dans cette étude est l'alliage d'aluminium 6082 T651 d'une épaisseur de 5 mm, de composition chimique dans le tableau 1. Des pièces découpées en petits morceaux de forme cubique et de dimensions 1cm x 1cm x 0.5 cm. Chaque substrat a été poli avec des papiers SiC successivement jusqu'à 1000, puis nettoyé par ultrasons dans de l'eau désionisée, de l'éthanol pendant 10 minutes respectivement. Ils ont ensuite été séchés à l'air.

Elément	Résultat	Elément	Résultat
Si	0.978	Ni	0.021
Fe	0.182	Ti	0.014
Cu	0.056	Sn	0.064
Mn	0.966	V	0.013
Mg	0.736	B	0.009
Cr	0.009	Al	97.16

Tableau 1 : Composition chimique de l'alliage 6082 T651 (en poids %). Laboratoire de métallurgie (CREDEG Ouled Fayet).

2.2 Préparation des solutions de synthèse et les dépôts :

Sur les substrats traités auparavant, la synthèse hydrothermale de la silicalite-1, ZSM-5 et la zéolithe Y [5] films a été réalisée. Les réactifs chimiques utilisés dans ce travail, l'eau distillée H₂O comme solvant, de la poudre d'alumine Al₂O₃ (69% en poids), poudre de silicium SiO₂ (100% en poids), de l'hydroxyde de sodium NaOH (97% en poids), de TétraPropylAmmonium (CH₃CH₂CH₂)₂NH (TPA 99% en poids). Ce dernier joue un rôle très important comme barrière à la corrosion, élimine la porosité inter cristalline en bloquant les pores c'est le structurant. [6].

La composition molaire chimique des gels préparés est :

1) **Silicalite-1** : 0.08 Na₂O, 0.08 TPA, 1SiO₂

2) **ZSM 5**: 0.4Na₂O, 0.01Al₂O₃, 1SiO₂, 0.20TPA, 18H₂O

3) **Y** : $10.67 \text{ Na}_2\text{O}, 1\text{Al}_2\text{O}_3, 12\text{SiO}_2, 180\text{H}_2\text{O} \text{ (a)}$ \Rightarrow $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 1\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_3\text{O}^+$
 $5 \text{ Na}_2\text{O}, 1\text{Al}_2\text{O}_3, 10\text{SiO}_2, 300 \text{ H}_2\text{O} \text{ (b)}$ \Rightarrow 1 mole de Na₂O₂ \rightarrow 2 moles

1) Pour la zéolite silicalite-1, on dissout 0.3881 g de NaOH dans 21.1764 g d'eau distillé et on laisse agiter pendant 15 minutes, puis on verse 3.5294 g de la poudre de silicium dans la solution précédente et on laisse agiter pendant 30 minutes. A la fin on verse 0.4894 g de structurant TPA et on laisse agiter l'ensemble pendant 1 heure et 30 minutes. Par la suite les échantillons d'aluminium au nombre de trois sont déposés au fond de l'autoclave de synthèse sur un support en téflon. Une fois les échantillons positionnés, on déverse le gel de la zéolite silicalite-1. Le godet est mis dans un réacteur en acier inoxydable voir figure 1, puis mis sous chauffage dans une étuve à une température 170°C pendant 24 heures.



Figure 1 : Image d'un réacteur de cristallisation

- 2) Pour la zéolite ZSM5, on dissout 1.94 g de NaOH dans 18.96 g d'eau distillé et on laisse agiter pendant 10 minutes, puis on verse 3.5294 g de la poudre de silicium dans la solution précédente et on laisse agiter pendant 10 minutes ; suivi par la poudre d'alumine 0.0864 g et on laisse agiter pendant 10 minutes. A la fin on verse 1.2 g de structurant TPA et on laisse agiter l'ensemble pendant 1 heure. Par la suite un échantillon d'aluminium est déposé au fond de l'autoclave de synthèse sur un support en téflon. Une fois l'échantillon positionné, on déverse le gel de la zéolite silicalite-1. Le godet est mis dans un réacteur en acier inoxydable, puis mis sous chauffage dans une étuve à une température 170°C pendant 24 heures.
- 3) Pour la zéolite Y, le gel de cette synthèse nécessite deux composition molaire.
 - (a) Qui a été préparé au préalable puis vieilli (cristallisation à l'ambient) pendant 24 h à température ambiante.
 - (b) On dissout 1.3608 g de NaOH dans 18 g d'eau distillé et on laisse agiter pendant 15 minutes, puis on verse 1.98 g de la poudre de silicium dans la solution précédente et on laisse agiter pendant 15 minutes, suivi par la poudre d'alumine 0.4835 g et on laisse agiter pendant 15 minutes ; on laisse agiter l'ensemble pendant 1 heure. Puis on laisse vieillir (cristallisation à l'ambient) pendant 48 h à la température ambiante. 5% en poids de la solution (a) estimé à 0.8307 g a été ajouté au mélange de synthèse (b).
Par la suite un échantillon d'aluminium est déposé au fond de l'autoclave de synthèse sur un support en téflon. Une fois l'échantillon positionné, on déverse le gel de la zéolite Y. Le godet est mis dans un réacteur en acier inoxydable, puis mis sous chauffage dans une étuve à une température de 96°C pendant 2 heures.En résumé dans la figure 2, on peut voir ci-dessous un diagramme de la synthèse du gel de la zéolite ZSM 5 et le dépôt.

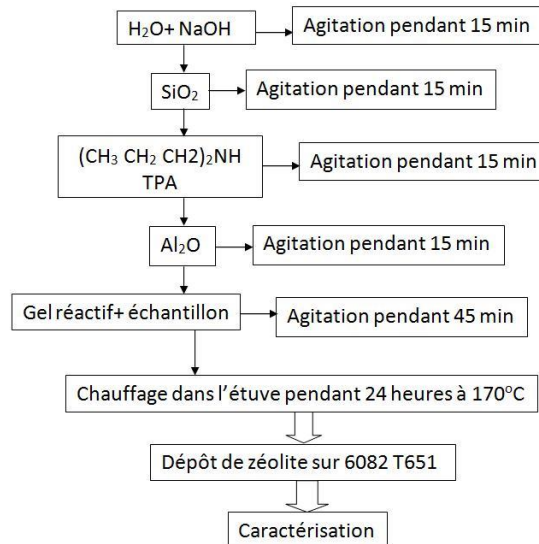


Figure 2 : Diagramme de la synthèse du dépôt de ZSM5 sur 6082 T651

3. RESULTATS

3. Caractérisation de revêtement zéolite et d'évaluation :

3.1 Micrographie des dépôts:

L'observation au microscope optique des dépôts zéolitiques silicalite-1, ZSM5, Y ainsi le métal de base ; montre des cristaux pas tout à fait claire comme le montre les micrographies de la figure 3, sauf pour la ZSM 5 (d) qui dévoile une structure sphérique . La figure 4 ci-dessous nous montre la morphologie sphérique vue au MEB du dépôt ZSM 5.

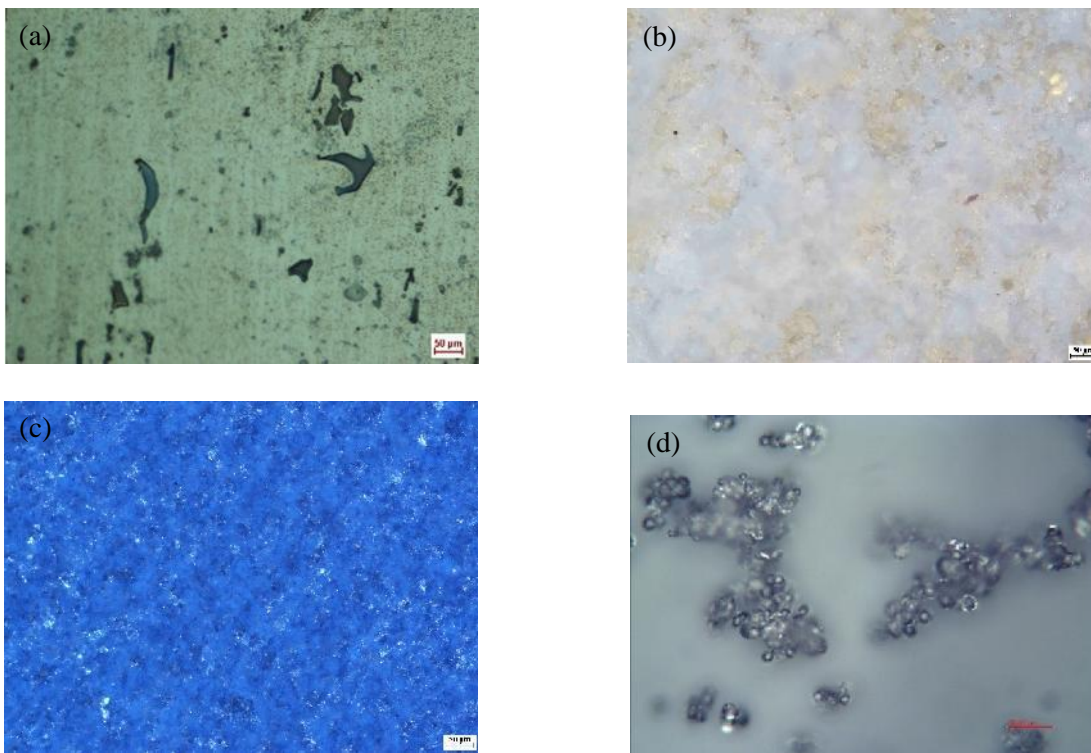


Figure 3 : Micrographies des dépôts : (a) métal de base, (b) dépôt silicalite-1, (c) dépôt Y, (d) dépôt ZSM5

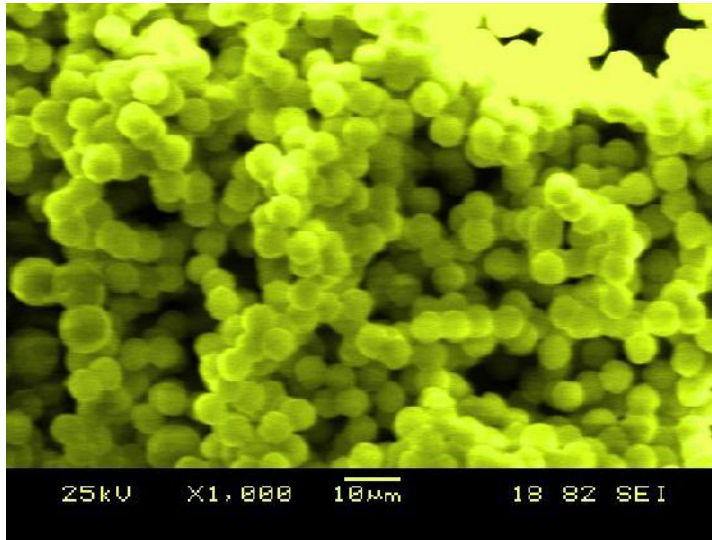


Figure 4 : Observation au MEB de la zéolite ZSM 5

3.2 Caractérisation électrochimique :

Pour l'évaluation de la résistance à la corrosion dans un état statique a été utilisé un potentiostat-galvanostat modèle de SP150 connecté à un micro-ordinateur figure 5.

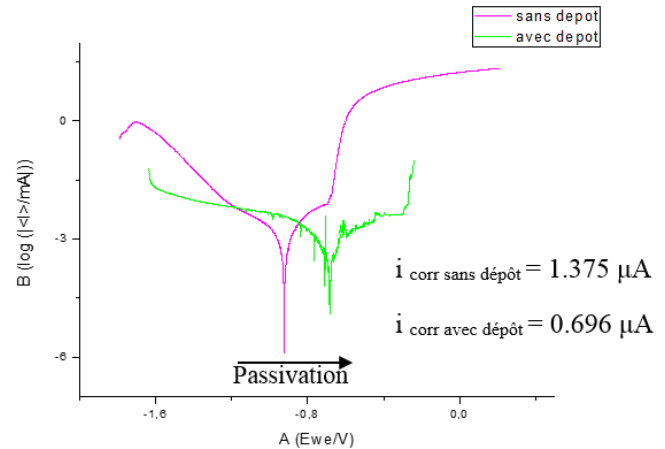


Figure 5 : Dispositif électrochimique utilisé a droite, courbe de polarisation de l'échantillon dépôt ZSM5 et substrat d'aluminium a gauche

Les résultats sont analysés en utilisant un logiciel EC-Lab. on a utilisé des courbes de polarisation techniques. L'essai de corrosion a été effectué à une température de 25°C, en utilisant comme électrolyte une solution de NaCl à 3% en poids. Toutes les mesures électrochimiques ont été obtenues dans une cellule de trois électrodes, une électrode de référence au calomel saturé (SCE), une contre-électrode en platine et une électrode de travail.

D'après les tests électrochimiques, nous avons exploité les courbes de polarisation échantillons à savoir, le substrat d'aluminium nu, et avec dépôts. Les valeurs du courant de corrosion i_{corr} obtenues sont 1.375 μA et 0.696 μA respectivement. La valeur du courant de corrosion des échantillons avec dépôt est nettement inférieure à celle du substrat d'aluminium.

En comparant les deux courbes de polarisation de la Figure 6 ci-dessus, il ressort que la densité de courant de corrosion inférieur correspond au taux inférieur de corrosion et à la meilleure résistance à la corrosion.

4. CONCLUSIONS

Les films de zéolite ZSM 5, silicalite-1, Y ont été synthétisés sur aluminium 6082 T651, un traitement hydrothermal in situ à différent temps a été trouvé pour être la condition optimale. Les revêtements ont une structure sphéroïdale (ZSM5) recouvrant la surface du substrat. Dans le procédé de synthèse des zéolites, le structurant organique (TPA) a été utilisé pour bloquer les pores des zéolites. Le revêtement ZSM 5 a montré une bonne résistance à la corrosion en raison de l'uniformité et à la nature de ce revêtement inerte et nous suggérons que notre stratégie présentée ici peut être étendu à d'autres substrats actifs et d'autres zéolites.

Perspective :

- ✓ Caractérisation de zéolites synthétisées
- ✓ Elaboration d'autres matériaux poreux
- ✓ Synthèse des dépôts par une méthode mécanique (hydrothermal hot pressing)

REFERENCES

- [1] Mayuri N. Katariya, Arun K. Jana, Parimal A. Parikh. *Journal of industrial and Engineering Chemistry* 19 (2013) 286-291.
- [2] Lauridant N. Thèse de doctorat. 2012, p 79, 80.
- [3] Cheng, X.; Wang, Z.; Yan, Y. Corrosion-resistant zeolite coatings by in situ crystallization. *Electrochem. Solid-State Lett.* 2001, 4, B23–B26.
- [4] Beving, D.E.; McDonnell, A.M.P.; Yang, W.; Yan, Y. Corrosion resistant high-silica-zeolite MFI coating: One general solution formulation for aluminum alloy AA-2024-T3, AA-5052-H32, AA-6061- T4, and AA-7075-T6. *J. Electrochem. Soc.* 2006, 153, B325–B329.
- [5] Lucio Bonaccorsi, Luigi Calabrese, Edoardo Proverbio. *Microporous and Mesoporous Materials* 144 (2011) 40–45. Low temperature single-step synthesis of zeolite Y coatings on aluminium substrates.
- [6] P. Chakraborty Banerjee, Ren Ping Woo, Sam Matthew Grayson, Amrita Majumder and R. K. Singh Raman. Influence of Zeolite Coating on the Corrosion Resistance of AZ91D Magnesium Alloy. *Materials* 2014, 7, 6092-6104.