

## PROBLÈMES POSÉS PAR LE COMPORTEMENT À LA CORROSION DES MATÉRIAUX COMPOSITES MÉTALLIQUES (MCM) AYANT LA MATRICE EN ALLIAGES D'ALUMINIUM

**Doina DRAGULESCU, Camelia DEMIAN, Remus BELU, Eduard BERGER**

Université Polytechnica de Timisoara, ddragulescu@mec.utt.ro, cdemian@mec.utt.ro, eberger@mec.utt.ro

### RÉSUMÉ

Sont présentées des systématisations sur quelques informations et résultats de quelques groupes de chercheurs ayant une activité dans le domaine du comportement à la corrosion d'un MCM avec une matrice d'aluminium, armés avec SiC et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

La connaissance de la manière du comportement de MCM en divers milieux permet de prendre des mesures de présentation et d'élaboration des méthodes corrects de protection.

### 1. GÉNÉRALITÉS

Les matériaux composites métalliques (MCM) sont des matériaux anisotropes, formés par plusieurs composants dont leur combinaison conduit à acquérir des effets synergiques. Ils ont été réalisés pour répondre aux besoins impérieux de l'industrie du sommet: aéronautique, énergétique, le domaine nucléaire, chimie et pétrochimie, le domaine naval et celle de la construction des plate-formes marines, constructions des autovéhicules, la liste pouvant continuer jusqu'aux domaines les plus usuels: casnique, sport, agrément, etc.

En leur élaboration on peut parler de la mise en ordre et l'association des matériaux de base différents, de la participation de plusieurs sciences et disciplines, des traitements spéciaux et des différentes technologies, la frontière entre eux ayant la tendance de disparaître [1, 2].

L'évolution des MCM et des autres types des matériaux composites, aussi les autres matériaux compris à la catégorie "matériaux avancés", attire l'évolution des procédés de conception, d'élaboration e d'usinage.

En cette manière a été stimulée l'amélioration des performances des MCM, l'élaboration de nouveaux MCM ayant une densité réduite et avec une résistance mécanique augmentée, ayant le module d'élasticité le plus grand, qui doivent être résistantes et stables, tant aux températures très élevées qu'aux températures baissées, qui se comportent au niveau souhaité dans les milieux corrosif, d'intérêt.

Ceux-ci ont conduit au développement aux nombreuses études et recherches en appliquant quelques méthodes considérées d'être de dernière heure.

Le comportement à la corrosion des MCM, dans les milieux les plus différents, ayant les concentrations et durées du maintien données, a préoccupé un grand nombre de chercheurs. Les résultats obtenus ont permis de prendre quelque mesures de prévention et d'élaboration des méthodes propres à la protection [1, 3].

## **2. LA SYSTÉMATISATION DES FACTEURS QUI INFLUENCENT LE COMPORTEMENT À LA CORROSION DES MCM**

La systématisation des facteurs qui influencent le comportement à la corrosion des MCM, ayant la matrice en alliage d'aluminium, renforcés avec différents fibres et whiskers [3,5], peut être faite après la manière suivante:

- éléments de renforcement fibre-whiskers
  - caractéristiques physiques, propriétés mécaniques
  - structure
  - rugosité
  - porosité
  - surface spécifique
  - degré d'activation (groupes fonctionnels possibles) etc.
- matrice
  - type alliage
  - composition chimique
  - propriété mécanique
  - microstructure
- compatibilité couplet fibre-matrice
  - particularités métallurgiques de l'interface
  - adhérence mécanique interfaciale
  - stabilité thermodynamique
  - compatibilité chimique
  - diffusion
  - interactions chimiques – précipitations à l'interface
  - capacité de humectation améliorée fibre-matrice etc.
- technologies d'élaboration
  - variantes technologiques (implications)
  - précautions – succession opérationnelle
  - protection etc.
- degré de sollicitation MCM
  - mécanique
  - fatigue
  - milieu corrosif, concentration solution et temps de maintien
  - facteur singulier ou par complémentarité des actions simultanés etc.

Par l'analyse des facteurs présentés on peut conclure que les performances maximales, en ce qui concerne le comportement à la corrosion des MCM, s'obtiennent à une liaison à l'interface fibre-matrice très forte [1,5].

## **3. ANALYSE DU COMPORTEMENT À LA CORROSION DES MCM SUR LES TYPES DU SYSTÈME DE RENFORCEMENT DE LA MATRICE EN ALLIAGES D'ALUMINIUM. ETUDES DE CAS PRÉSENTÉES PAR LA LITTÉRATURE DE SPÉCIALITÉ.**

### **3.1. MCM AVEC MATRICE D'ALUMINIUM RENFORCÉS EN SiC. ETUDE DE CAS I**

En partant du considérant que SiC a une petite compatibilité avec les matériaux métalliques, dans leurs études SHIMUZU et les collaborateurs ont expliqué la résistance réduite à la corrosion des MCM, ayant une matrice en alliage Al6061, renforcé en SiC,

sous forme whisker, par la formation d'un film interfacial, qui faiblit la liaison entre fibres et matrice.

Si on tient compte des propriétés semi-conducteurs des particules SiC, on apprécie qu'ils soient possible d'apparaître des piles galvaniques entre les éléments de renforcement et matrice, plus actifs aux MCM de type Al6061+T6, ayant une participation volumique de 25%, particules SiC.

Ces MCM sont susceptibles à la corrosion pitting dans les milieux qui contiennent des ions de Cl.

Dans leurs recherches AYLOR et les collaborateurs expliquent la concentration de l'attaque corrosive à l'interface, par les fissures qui se forment et qui représentent des positions préférentielles d'attaque. Dans le cas dont SiC se trouve sous la forme de fibres continues, MCM sont susceptibles pour toutes les deux formes de corrosion locale, en pitting on crevasse. GERRARD a étudié le comportement à la corrosion des MCM avec matrice de Al6061 (qui contient comme éléments de renforcement magnésium et silicium) et avec des fibres continues de SiC en solution de 3,5%NaCl.

On a constaté qu'en cas des MCM, apparaissent deux types de corrosion: en pitting et crevasse autour de chaque fibre, respectivement en crevasse, dans les trous et les fissures en forme d'un cheveu. On apprécie qu'apparaît des accumulations des composés intermédiaires de Mg aux interfaces fibre-matrice et l'introduction sous la forme des trous et des fissures, à partir de l'étape d'élaboration des MCM.

La corrosion en pitting et en crevasse, le long des fibres est associée avec la concentration des composés intermétalliques à l'interface matrice-SiC.

Le chercheur GARRARD a réussi d'augmenter la résistance à la corrosion de ces joints, par la passivité chimique en solutions des sels de cérium ( $CeCl_3$  ou  $Cl_2(SO_4)_3$ ).

La vitesse moyenne à l'immersion, en solutions aérées de NaCl (3,5% est de  $3,5\mu/an$  pour les essais non traités, face au  $2,4\mu/an$ , après l'application du traitement.

Pour la protection à la corrosion on a proposé l'application de pellicules métalliques, par diverses techniques de pulvérisation, pellicules céramiques et des pellicules de polymères organiques.

En ceux qui concerne la corrosion fissurante sous tension et fatigue à la corrosion, on sait que seulement les alliages d'aluminium qui contiennent de grandes quantités des éléments d'alliage solubles, principalement Cu, Mg, Si et Zr sont susceptibles à ce type de fissuration. Pas les MCM, ayant une matrice d'alliage de fonte Al-Si, avec une participation volumique de 20% SiC ne présentent la susceptibilité à la corrosion fissurante sous tension.

Les essais ont été effectués par exposé pendant 90 jours en solution de NaCl 3,5%, sous une sollicitation d'extension de 75%, de la limite de destruction.

Un autre groupe de chercheurs, SHIMIZU et les collaborateurs ont étudiés l'influence des traitements thermiques sur le comportement des MCM à la corrosion fissurant sous tension.

Les essais ont été effectuées sur les preuves des assemblages des MCM Al 7075 avec une participation volumique de 20% SiC, en solution de NaCl 3,5%. Après l'application d'un traitement thermique, qui réside dans le chauffage des essais au  $170^\circ C$ , pendant une heure, suivi par vieillissement au  $110^\circ C$ , la résistance à la corrosion fissurante sous tension est augmentée.

La résistance à la fatigue des joints des alliages d'aluminium est plus petite dans les milieux aqueux qui contiennent des ions de Cl, qu'en air, un comportement identique étant observé aussi aux ceux des MCM, ayant matrice en aluminium renforcé avec SiC discontinu [3, 4, 5].

### 3.2. MCM AVEC MATRICE D'ALUMINIUM RENFORCÉS AVEC $Al_2O_3$ . ETUDE DE CAS II.

L'amélioration du comportement à la corrosion des MCM renforcés avec  $Al_2O_3$  se fait aussi par l'amélioration de la capacité d'humectage des fibres de  $Al_2O_3$ , avec l'alliage d'aluminium de matrice. C'est pour ça, qu'on a proposé l'alliage avec 2%Li ou 3%Mg. Il faut mentionner que par l'alliage de la matrice d'alliage d'aluminium avec 3%Mg, l'angle de contact baisse à partir d'une valeur de  $89^\circ$  ou  $80^\circ$ .

La corrosion MCM, ayant la matrice des alliages d'aluminium renforcés avec des particules  $Al_2O_3$  (avec fibres continus) se produit préférentiellement à l'interface fibre-matrice et dépend des particularités métallurgiques de l'interface [2, 4].

L'attaque en fibre à l'interface fibre-matrice MCM ayant une matrice Al-2Mg renforcés avec  $Al_2O_3$  a été expliquée par la précipité à l'interface pendant l'application des composés intermédiaires du type  $Mg_5Al_8$ .

Les MCM avec la matrice de Al-2Li et fibres  $Al_2O_3$  résistent à la corrosion en pitting en solution chlorure de sodium, grâce à la couche de liaison  $Li_2O-5Al_2O_3$  qui apparaît à l'interface fibre-matrice.

Le groupe de chercheurs formé par CHAMPION et les collaborateurs ont constaté une grande résistance à la corrosion sous tension des MCM ayant matrice de Al-2%Li renforcés 50% avec fibres de  $Al_2O_3$ .

Les preuves ont été immergés alternativement en solution de 3,5% NaCl et en eau de mer et ont été soumis à une tension d'éloignement de 56 et respectivement 90% de la valeur de résistance à la destruction [4, 5].

## 4. CONCLUSIONS

4.1. L'ouvrage représente une systématisation des quelques informations dans le domaine du comportement à la corrosion des MCM, ayant la matrice en alliages d'aluminium. Sont présentés des quelques chercheurs d'élite dans le domaine [1, 2, 3, 4, 5].

4.2. Sont présentés les types de corrosion qui apparaissent (interfaciale, intergranulaire et à la fatigue, pitting, en crevasse) sur les types des combinaisons fibre/matrice des MCM, milieux de travail et conditions d'exposé (concentration, milieux, température).

4.3. On insiste sur deux études de cas, MCM avec matrice d'aluminium, renforcés avec SiC, respectivement MCM avec matrice d'aluminium renforcés avec  $Al_2O_3$ .

4.4. La connaissance de la manière du comportement des MCM en divers milieux, par les études et les recherches élaborées permettent la mise des mesures de prévention et l'élaboration de quelques méthodes adéquats de protection.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Dragulescu, D. si Popescu, M.: Materiale compozite metalice. Prezent cu perspective, Editura Orizonturi Universitare, Timisoara, 1999.
- [2]. Lee, S.M.: International encyclopedia fo Composites, VCH Publishers, New York, 1990
- [3]. Popescu, M.: Îmbinarea materialelor avansate – Materiale compozite, Editura Eurostampa, Timisoara, 2002
- [4]. Seah, C.H. s.a.: The corrosion behaviour of a SiC,  $Al_2O_3$ , B/aluminium matrix composites, Corrosion Science, 1997, vol. 39, nr. 1, p. 57-65
- [5]. Tomescu, M.: Coroziunea materialelor compozite cu matrice metalica, Revista de Chimie, 2001, vol. 52, nr. 7-8, p. 386-394