

КОРОЗИОННО ПОВЕДЕНИЕ НА АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ EN AW-6026 И EN AW-6082

Калина Камарска

Технически университет – София, Филiaal Пловдив

Резюме. Статията представя част от резултатите от изследване на корозионното поведение на алуминиеви сплави EN AW-6026 и EN AW-6082 в 1% и 3% разтвори на NaCl при различни стойности на pH (1 – 13). Корозионната устойчивост на образците от алуминиеви сплави е определена чрез гравиметричен метод. Изчислена е скоростта им на корозия в посочените среди. Получените резултати показват, че с увеличаване на концентрацията на хлоридни йони и повишаване на pH на средата скоростта на корозия и при двете изследвани сплави нараства.

Keywords: aluminium alloys EN AW-6026 and EN AW-6082; corrosion behaviour

Увод

Алуминиевите сплави често се прилагат като конструкционен материал в машиностроенето, авиационната и химическата промишленост поради редица ценни свойства – ниско тегло, висока якост и твърдост, способност да образуват плътен защитен слой от Al_2O_3 . Химичната устойчивост на този слой определя корозионното поведение на алуминия и сплавите му (Rachev, 2000) и неговата скорост на корозия зависи от характера (pH), състава, концентрацията, температурата и други параметри на корозионната среда. Определени механични или химични въздействия могат да доведат до снемане или разрохване на този слой, което усилва корозията на алуминия (Veleva et al., 1987; 1999).

Поради все по-широката употреба на алуминиеви сплави EN AW-6026 и EN AW-6082 в редица природни или технологични среди те често са в контакт с агресивни компоненти, предизвикващи корозията им. Затова от огромно технологично значение е проучването на корозионното им поведение и търсене на условията, при които се наблюдава най-ниска загуба на ценен метал.

Изследваните алуминиеви сплави EN AW-6026 и EN AW-6082 се отнасят към серията бxxx сплави, при които основните легиращи елементи са магнезий и силиций. Те образуват магнезиев силицид (Mg_2Si), който определя поведението на тези сплави в кисела среда, но не влияе върху електродния им потенциал (Davis, 2001).

Висока якост, възможност за термична обработка и отлична заваряемост са основните показатели, благодарение на които тези сплави са особено подходящи за изработване на силно натоварени конструкции за морския и сухопътния транспорт, за автомобилни шасита, хидравлични системи, винтове и нитове (EN AW-6082), както и за детайли за автомобилната промишленост и електрониката (EN AW-6026). Алюминиевата сплав 6082 е сравнително нова за серията бxxx и нейното корозионно поведение е проучено главно в разтвори, съдържащи хлориди (Panagopoulos et.al., 2009; Cicolin et al., 2013; Xhanari & Finšgar, 2017), водороден сулфити (Yong et.al., 2017) и в условия на киселинен дъжд (Gerengi et al., 2015). Алюминиевата сплав 6026 е по-слабо изучена и интерес представлява изучаването на корозионната ѝ устойчивост в различни среди.

Целта на настоящото изследване е да се установи корозионното поведение на алуминиеви сплави EN AW-6026 и EN AW-6082 в среди, съдържащи хлоридни йони, като се определят електродните потенциали на двете сплави в 1M AlCl₃, корозионните им потенциали в 1M NaCl и 1M HCl и скоростта им на корозия в 1% и 3% разтвор на NaCl при pH 1 – 13.

Методика на изследването

Определяне на електродния и корозионния потенциал на алуминиеви сплави EN AW-6026 и EN AW-6082

Изследвани са образци от алуминиеви сплави EN-AW 6026 и EN-AW 6082 с обща повърхнина 8,40 cm², като преди изпитването образците са поставени в етилов алкохол за 5 мин., промити са с дестилирана вода и са подсушени. След което опитно са определени стойности на ЕДН на двете алуминиеви сплави в 1M AlCl₃, 1M NaCl и 1M HCl. Измерването се свежда до определяне на електродвижещото напрежение (ЕДН) на галваничен елемент, съставен от два полueleмента – наситен каломелов електрод и изследвания електрод от алуминиева сплав. Потенциалът на наситения каломелов електрод е постоянен $E_{SCE} = +0.242\text{ V}$ (Antelman, 1982). Търсеният потенциал се изчислява по формулата (1):

$$E_{ДН} = E_K - E_A, \quad (1)$$

където: E_K – електроден потенциал на катода, V; E_A – електроден потенциал на анода, V.

Всички лабораторни тестове са проведени при температура 293 K с помощта на дигитален мултиметър MAS830 с клас на точност 1.5.

За оценка на корозионния риск на двете сплави е определен електродният им потенциал, като във водни разтвори електродите се разглеждат като смесици поради протичането на повече от една спрегната електродна реакция (Kish, 1990). За определяне на активното (пасивното) поведение на сплавта при дадените условия е изчислен корозионният потенциал (E_{corr} , V) на двете сплави (Ashworth & Booker, 1986).

Определяне на скоростта на корозия на алуминиеви сплави EN AW-6026 и EN AW-6082 в 1% и 3% разтвор на NaCl

Изследвани са образци от алуминиеви сплави EN-AW 6026 и EN-AW 6082 с обща повърхнина 8,40 см². Преди изпитването образците са поставени в етилов алкохол за 5 мин., промити са с дестилирана вода и са подсушени. След което са потопени в 1% и в 3% разтвор на NaCl при pH 1 – 13 при стайна температура в продължение на 4 часа. pH на средата е измерено с лабораторен pH метър MS2006. Нужната му стойност се достига, като към разтворите са добавени разтвори на солна киселина или натриева основа. С помощта на аналитична везна Acculab ATILON с точност до $\pm 0,0001\text{g}$ е измерена масата на образците преди (m_1) и след (m_2) изпитването.

За оценка на корозионното поведение на изследваните сплави при посочените условия е използван гравиметричният метод, като по промяната на теглото на изпитваните образци в корозионната среда е определена скоростта на корозия (K_m), уравнение (2):

$$K_m = (m_1 - m_2) / S \cdot t \text{ [g/m}^2 \cdot \text{h]} \quad (1),$$

където: m_1 – масата на изходния образец, g; m_2 – масата на образца след корозионното изпитване, g; S – площта на образца, m²; t – времето на изпитване, h.

От получените стойността на K_m се правят изводи за корозионното поведение на образците от алуминиеви сплави.

Резултати и обсъждане

Резултати от измерване на електродния и корозионния потенциал на алуминиеви сплави EN AW-6026 и EN AW-6082

Опитно измерените потенциали на електродите от алуминиеви сплави, потопени в 1M AlCl₃, са по-положителни ($E_{\text{ДН}}^{\text{EN AW-6026}} = -0,410\text{ V}$; $E_{\text{ДН}}^{\text{EN AW-6082}} = -0,427\text{ V}$) от стандартния електроден потенциал на алуминия (-1,66V), т.е. активността на тези сплави е силно понижена поради образуването на пасивен слой от Al₂O₃.

Корозионните потенциали на електродите от алуминиеви сплави, измерени в 1M NaCl и 1M HCl, са по-отрицателни от опитно определените стойности на ЕДН в 1M AlCl₃ (таблица 1), което показва, че активността на тези сплави е повишена поради наличието в корозионната среда на активни Cl⁻ йони. Те се адсорбират върху пасивния слой от Al₂O₃ на сплавите, изместват кислородните йони и на тези места повърхността остава незащитена. В тези участъци корозията се ускорява и корозионната устойчивост намалява. Корозионният потенциал на EN AW-6082 в 1M NaCl и 1M HCl е по-отрицателен от този на EN AW-6026, поради това тя по-лесно се окислява и при нея корозионният риск е по-голям. Това се потвърждава от получените стойности за скоростта на корозия в 1% и 3% разтвори на NaCl при pH 1 – 13.

Таблица 1. Корозионни потенциали на електроди от алуминиеви сплави

Разтвор, 1М	E_{corr} (V) EN AW-6026	E_{corr} (V) EN AW-6082
HCl	-0,488	-0,540
NaCl	-0,460	-0,500

Резултати от изследване на скоростта на корозия на алуминиеви сплави EN AW-6026 и EN AW-6082 в 1% и 3% разтвор на NaCl при pH 1 – 13

Резултатите от гравиметричното измерване за двете сплави в 1% и 3% разтвор на NaCl при различни стойности на pH на средата са показани таблично (таблица 2 и 3).

Таблица 2. Скорост на корозия на образци от алуминиеви сплави ENAW-6026 и EN AW-6082 в 1% разтвор на NaCl в различен pH интервал след 4 часа

pH	NaCl, %	Km EN AW-6026	Km EN AW-6082
1	1%	0,0020	0,0024
2	1%	0,0012	0,0015
7	1%	0,0012	0,0015
12	1%	0,0217	0,0276
13	1%	0,2720	0,3214

Таблица 3. Скорост на корозия на образци от алуминиеви сплави ENAW-6026 и EN AW-6082 в 3% разтвор на NaCl в различен pH интервал след 4 часа

pH	NaCl, %	Km EN AW-6026	Km EN AW-6082
1	3%	0,0036	0,0047
2	3%	0,0024	0,0041
7	3%	0,0012	0,0009
12	3%	0,0310	0,0351
13	3%	0,3372	0,3541

В 1% разтвор на NaCl в кисела и в неутрална среда двете алуминиеви сплави демонстрират сходно поведение и скоростта им на корозия е ниска. С увеличаване на pH на средата се забелязва, че скоростта им на корозия нараства, като най-голяма загуба на маса има при pH 13. В 1% разтвор на NaCl при pH 1 – 12 сплав EN AW-6026 е сравнително по-устойчива и тя би била по-подходяща за експлоатация в подобни среди.

При ниска концентрация на хлоридни йони скоростта на корозия е ниска и защитният слой от Al_2O_3 има възможност да се самовъзстанови (Mazhar et al., 2001), но с увеличаване на концентрацията на хлоридни йони скоростта

на корозия се увеличава (Cicolin et.al., 2013). Това се дължи на високата концентрацията на хлоридни йони, които атакуват защитния слой и постепенно го разрушават (Mazhar et al., 2001). Разрушаването на слоя е предпоставка за развитие на корозионен процес върху повърхността на метала. Това се потвърждава от опитните данни, получени при измерване на скоростта на корозия в разтвор с по-висока концентрация на хлоридни йони.

В 3% NaCl в кисела и в алкална среда стойността на K_m на сплав EN AW-6082 е по-висока от тази на EN AW-6026 и в тези среди тя е корозионно неустойчива.

При проследяване на корозионното поведение на образци от двете сплави в силно алкална среда (pH 13) в 3% разтвор на NaCl се забелязва интензивно отделяне на водород и най-голяма загуба на тегло на алуминиевите образци. Това показва, че тези сплави проявяват неустойчивост в посочената среда, много бързо се разрушават и не са подходящи за направата на детайли, работещи в подобна среда.

Извод

Изследваните алуминиеви сплави EN AW-6026 и EN AW-6082 проявяват умерена устойчивост в неутрална среда в 1% и 3% разтвор на NaCl. В кисела среда скоростта им на корозия е по-ниска от тази в алкална.

Алуминиевата сплав EN AW-6082 демонстрира по-висока скорост на корозия в 3% разтвор на NaCl при pH 1 и 13 в сравнение с EN AW-6026 и тя не е по-подходяща за изработка на детайли, работещи в среди с подобен състав.

В среди, съдържащи хлоридни йони, корозионният потенциал на EN AW-6082 е по-висок от EN AW-6026 и при нея корозионният риск е по-голям.

REFERENCES/ЛИТЕРАТУРА

- Antelman, M.S. (1982). *The encyclopedia of chemical electrode potentials*. New York: Plenum Press.
- Ashworth, V. & Booker, C.J.L. (1986). *Cathodic protection: theory and practice*. New York: Ellis Horwood.
- Cicolin, D., Trueba, M. & Trasattin S.P. (2013). Effect of chloride concentration, pH and dissolved oxygen, on the repassivation of 6082-T6 Al alloy. *Electrochim. Acta*, 124, 27 – 35.
- Davis, J.R. (2001). *Alloying: understanding the basics*. Materials Park: ASM International.
- Gerengi, H., Slepiski, P., Ozgan, E. & Kurtay, M. (2015). Investigation of corrosion behavior of 6060 and 6082 aluminum alloys under simulated acid rain conditions. *Mater. & Corrosion*, 66, 233 – 240.

- Kish, L. (1990). *Kinetika elektrokhimicheskogo rastvorenia metallow*. Moskwa: Mir [Киш, Л. (1990). *Кинетика электрохимического растворения металлов*. Москва: Мир].
- Mazhar, A.A., Arab, S.T. & Noor. E.A. (2001). The role of chloride ions and pH in the corrosion and pitting of Al–Si alloys. *J. Appl. Electrochem.*, 31, 1131 – 1140.
- Panagopoulos, C.N., Georgiou., E.P. & Gavras. A.G. (2009). Corrosion and wear of 6082 aluminum alloy. *Tribology Int.*, 42, 886 – 889.
- Rachev, R. (2000). *Korozia i zashtita na metalite*. Sofia: Novi znania [Рачев, Р. (2000). *Коррозия и защита на металите*. София: Нови знания].
- Veleva, M., Kopchev, P. & Obreshkov, K. (1987). *Khimiya*. Sofia: Nauka i izkustvo [Велева, М., Копчев, П. & Обрешков, К. (1987). *Химия*. София: Наука и изкуство].
- Veleva, M., Stoychev, D., Kopchev, P. & Obreshkov, K. (1999). *Khimiya na konstrukcionnite i eksplotacionnite materiali*. Sofia: Multiprint [Велева, М., Стойчев, Д., Копчев, П. & Обрешков, К. (1999). *Химия на конструкционните и експлоатационните материали*. София: Мултипринт].
- Xhanari, K. & Finšgar, M. (2017). Electrochemical analysis of AA6082 aluminium alloy in chloride media. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 12, 5845 – 5853.
- Yong, P., Changbin, S., Yadong, Z. & Ying, C. (2017). Comparison of electrochemical behaviors between FSW and MIG joints for 6082 aluminum alloy. *Rare Metal Mat. & Eng.*, 46, 344 – 348.

CORROSION BEHAVIOR OF ALUMINIUM ALLOYS EN AW-6026 AND EN AW-6082

Abstract. This article presents the results of study on the corrosion behaviour of aluminium alloys EN AW-6026 and EN AW-6082 in solution of sodium chloride (NaCl) at different pH of the medium. The corrosion resistance of thus alloys defined by gravimetric method. The results showed that the pH and concentration chloride ions can influence the corrosion rate of this alloys.

✉ **Dr. Kalina Kamarska**

Department of Mathematics, Physics, Chemistry
Technical University – Sofia, Branch Plovdiv
25, Tsanko Dystabanov St.
4000 Plovdiv, Bulgaria
E-mail: kamarska@tu-plovdiv.bg