

JELENA PJEŠČIĆ¹, VESELINKA GRUDIĆ¹, DARKO
VUKSANović¹, DRAGAN RADONJIĆ¹, REFIK ZEJNILOVIĆ²

Originalni naučni rad
UDC:620.193.4:669.75.782

Uticaj neorganskih inhibitora na koroziono ponašanje Al-Si legura u vodenim rastvorima hlorida

Aluminijum, kao metal koji se može legirati sa velikim brojem elemenata, je veoma interesantan sa aspekta njegove primjene, odnosno on u određenim uslovima treba, osim mehaničkih, da zadovolji i korozione karakteristike. Sa ovog aspekta interesantne su legure aluminijuma na bazi sistema Al-Si, na čije ponašanje utiče hemijski sastav koji omogućava, pod određenim uslovima dobijanja, da se dobiju legure određene strukture koja zavisi od prisustva i koncentracije ostalih legirajućih elemenata. Na osnovu ovoga, pretpostavljeno je da se dobijene legure sistema Al-Si mogu koroziono „popraviti“ dodatkom inhibitora, koji će dati određenu efikasnost zaštite u 0,5M rastvoru HCl, odnosno da će se koroziona stabilnost ovih legura korišćenjem inhibitora Na₂CO₃, NaNO₂ i Na₂HPO₄ dovesti na viši nivo.

Ključne riječi: inhibitori korozije, korozija metala, gustina struje, vodeni rastvori.

UVOD

Legure sistema Al-Si legirane kobaltom, niklom, molibdenom i željezom, predstavljaju specifične visokovatrootporne materijale koji se koriste za rad na povišenim temperaturama. Osim toga, ove legure mogu biti interesantne i sa aspekta korozione stabilnosti, odnosno kako legirajući elementi pojedinačno utiču na korozionu stabilnost i da li je njihov međusobni uticaj povoljan da se u konačnom smislu može govoriti o stepenu korozione stabilnosti ovih legura i mogućnosti njihove primjene kao koroziono stabilnih materijala [1-3]. Ovaj rad predstavlja nastavak dosadašnjih istraživanja na ovom sistemu legura [4-6], sa razlikom što su ispitivanja vršena u 0,5M rastvorima NaCl, Na₂SO₄ sa istim inhibitorima. Cilj ovog rada je da se kroz korišćenje inhibitora korozije Na₂CO₃, NaNO₂ i Na₂HPO₄ izvrši kvantifikacija brzine korozije i izračuna efikasnost zaštite, pri ispitivanjima u 0,5M rastvoru HCl.

EKSPERIMENTALNI DIO

Priprema šarže i dobijanje legura sistema Al-Si vršeno je u laboratoriji za Livarstvo Metalurško-tehnološkog fakulteta. Legure su dobijene topljenjem u elektrootpornoj peći snage 5,5 kW, čija radna temperatura je 1100 °C. Nakon topljenja u elektrootpornoj peći vršeno je livenje u metalnu kokilu i hlađenje na vazduhu.

Adrese autora: ¹ Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet, Podgorica, ²Farmaceutski fakultet Podgorica, Crna Gora

Primljeno za publikovanje: 16.7.2014.

Prihvaćeno za publikovanje: 12.9.2014.

Kao osnova za njihovo dobijanje korišćena je legura AlSi10Mg sa ciljem obezbjeđenja što manjeg stepena nehomogenosti u toku izrade ovih legura. Legurama su nakon topljenja dodavani ostali legirajući elementi u proračunatom iznosu.

Ispitivanja hemijskog sastava dobijenih legura vršena su u Kombinat u aluminijuma Podgorica na X-RAY kvantometru metodom bez razaranja.

Koroziona i elektrohemijaska ispitivanja vršena su na opremi za ubrzana ispitivanja-sistem PAR koji čine: potenciostat-galvanostat model 273, diferencijalni elektrometar, koroziona ćelija K0047, standardna zasićena kalomel elektroda, pomoćne elektrode-valjkasti elektrografit, računar sa korozionim softverom SOFTCORR 352 II i štampač.

Za koroziona ispitivanja korišćene su metode:

- metoda polarizacionog otpora, R_p;
- potenciodinamička metoda.

REZULTATI I DISKUSIJA

Za ispitivanja efikasnosti inhibitora Na₂CO₃, NaNO₂ i Na₂HPO₄ korišćene su 4 legure sistema Al-Si kod kojih se sadržaj silicijuma kretao od 11,76% - 12,50%, željeza od 1,64% - 1,77%, bakra od 1,21% - 2,20%, magnezijuma od 0,91% - 2,96%, nikla od 0,78% - 1,41%, kobalta od 0,70% - 1,00%, mangana 0,09% - 0,44%, molibdena od 0,25% - 0,55%, dok je sadržaj berilijuma u svim legurama bio 0,25%.

U tabelama 1-6 prikazane su eksperimentalne vrijednosti polarizacionog otpora (R_p), gustine struje korozije (j_{corr}), potencijala e(j=0) u 0,5M rastvoru HCl, bez i uz dodatak neorganskih inhibitora NaNO₂, Na₂CO₃ i Na₂HPO₄, koncentracije 10⁻⁴M.

Tabela 1 - Vrijednosti R_p , j_{corr} i $e(j=0)$ dobijene metodom polarizacionog otpora u prisustvu inhibitora Na_2CO_3

Legura	Bez inhibitora			10^{-4} M Na_2CO_3		
	$e(j=0)$ [mV]	R_p [Ω]	j_{corr} [$\mu A/cm^2$]	$e(j=0)$ [mV]	R_p [Ω]	j_{corr} [$\mu A/cm^2$]
1	-703,6	97,54	222,6	-676,1	168,3	129,0
2	-694,8	70,23	309,2	-679,0	203,9	106,5
3	-694,5	68,27	318,1	-683,8	140,4	154,7
4	-704,9	72,82	298,2	-701,1	94,23	230,4

Tabela 2 - Vrijednosti R_p , j_{corr} i $e(j=0)$ dobijene metodom polarizacionog otpora u prisustvu inhibitora $NaNO_2$

Legura	Bez inhibitora			10^{-4} M $NaNO_2$		
	$e(j=0)$ [mV]	R_p [Ω]	j_{corr} [$\mu A/cm^2$]	$e(j=0)$ [mV]	R_p [Ω]	j_{corr} [$\mu A/cm^2$]
1	-703,6	97,54	222,6	-679,1	100,0	217,2
2	-694,8	70,23	309,2	-681,9	126,0	172,3
3	-694,5	68,27	318,1	-686,0	96,74	224,5
4	-704,9	72,82	298,2	-694,6	106,9	203,1

Tabela 3 - Vrijednosti R_p , j_{corr} i $e(j=0)$ dobijene metodom polarizacionog otpora u prisustvu inhibitora Na_2HPO_4

Legura	Bez inhibitora			10^{-4} M Na_2HPO_4		
	$e(j=0)$ [mV]	R_p [Ω]	j_{corr} [$\mu A/cm^2$]	$e(j=0)$ [mV]	R_p [Ω]	j_{corr} [$\mu A/cm^2$]
1	-703,6	97,54	222,6	-672,8	114,0	190,5
2	-694,8	70,23	309,2	-673,4	105,6	205,5
3	-694,5	68,27	318,1	-668,9	109,2	198,9
4	-704,9	72,82	298,2	-685,8	78,79	275,6

Tabela 4 - Vrijednosti $e(j=0)$ dobijeni potenciodinamičkom metodom u prisustvu inhibitora Na_2CO_3

Legura	Bez inhibitora	10^{-4} M Na_2CO_3
	$e(j=0)$ [mV]	$e(j=0)$ [mV]
1	-647,4	-641,8
2	-649,6	-629,3
3	-649,8	-625,6
4	-661,8	-650,7

Tabela 5 - Vrijednosti $e(j=0)$ dobijeni potenciodinamičkom metodom u prisustvu inhibitora $NaNO_2$

Legura	Bez inhibitora	10^{-4} M $NaNO_2$
	$e(j=0)$ [mV]	$e(j=0)$ [mV]
1	-647,4	-622,4
2	-649,6	-632,8
3	-649,8	-632,9
4	-661,8	-647,7

Tabela 6 - Vrijednosti $e(j=0)$ dobijeni potenciodinamičkom metodom u prisustvu inhibitora Na_2HPO_4

Legura	Bez inhibitora	10^{-4} M Na_2HPO_4
	$e(j=0)$ [mV]	$e(j=0)$ [mV]
1	-647,4	-618,8
2	-649,6	-625,2
3	-649,8	-622,7
4	-661,8	-644,7

Dodatak inhibitora uticao je na smanjenje vrijednosti gustine struje korozije, odnosno na povećanje vrijednosti polarizacionog otpora. Efikasnost zaštite na osnovu podataka iz prethodnih tabela izračunava se po jednačini [7]:

$$\eta = \frac{j_{corr} - (j_{corr})_{inh}}{j_{corr}}$$

gdje je j_{corr} gustina struje korozije u neinhibiranom, a $(j_{corr})_{inh}$ u inhibiranom rastvoru. Izračunate vrijednosti efikasnosti zaštite prikazane su u tabeli 7 (u 0,5M rastvoru HCl).

Tabela 7 - Efikasnost zaštite ispitivanih Al legura u prisustvu neorganskih inhibitora, osnovni rastvor 0,5M HCl

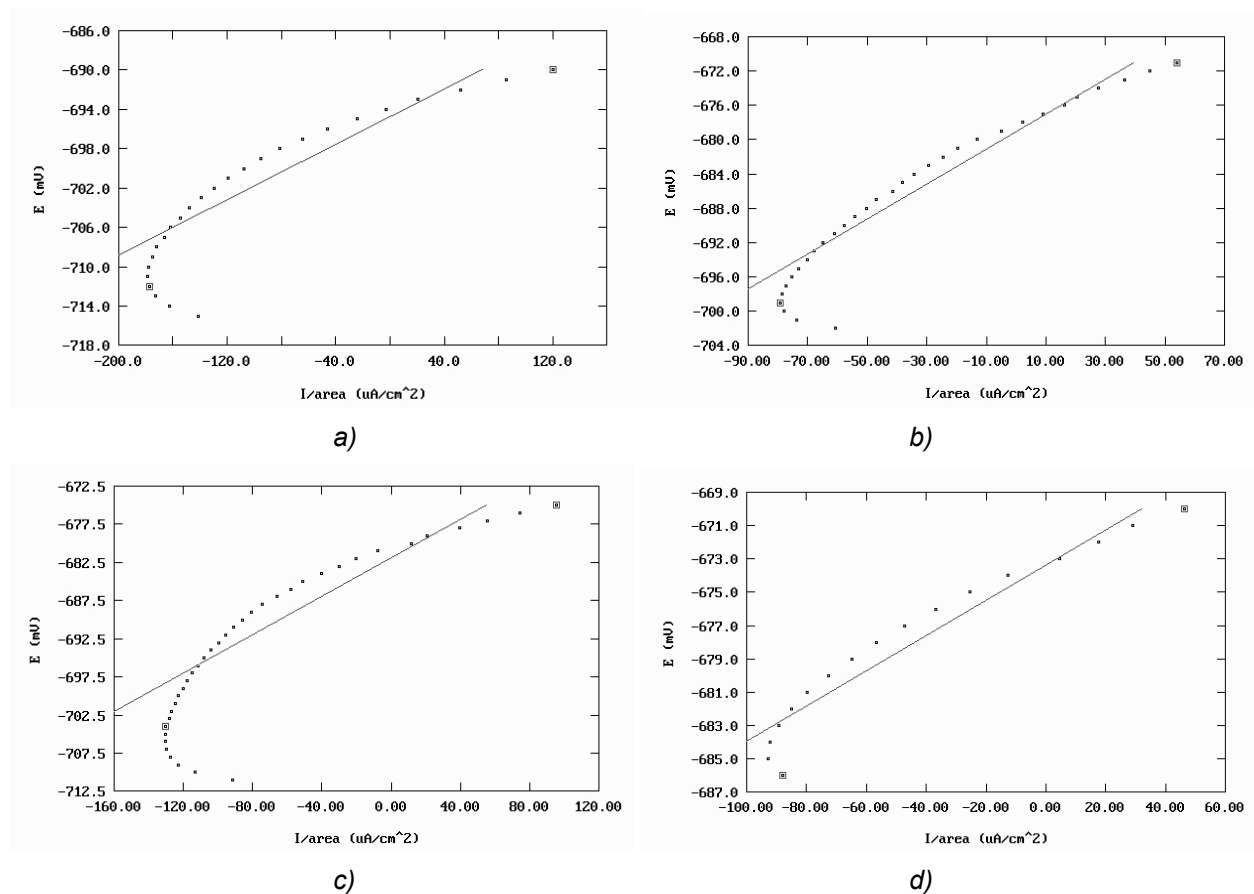
Legura	10^{-4} M Na_2CO_3	10^{-4} M $NaNO_2$	10^{-4} M Na_2HPO_4
1	42,0%	2,4%	14,4%
2	65,6%	44,3%	33,5%
3	51,4%	29,4%	37,5%
4	24,0%	31,9%	7,3%

Tabela 7 pokazuje da se ispitivane legure ponašaju različito, kada je efikasnost primijenjenih inhibitora u pitanju. Prilikom korišćenja inhibitora Na_2CO_3 i $NaNO_2$, najveću efikasnost pokazuje legura 2, kod koje je odnos Cu i Mg oko 1,5. Ova legura ima najveći sadržaj cobalta, a najmanji sadržaj nikla. Kod korišćenja inhibitora Na_2HPO_4 ,

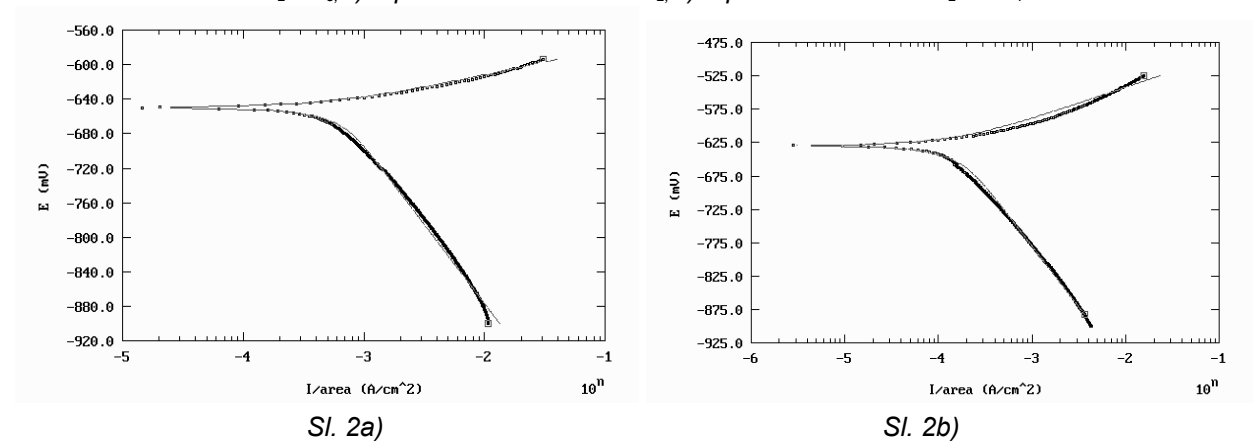
najveću efikasnost pokazuje legura 3 koja ima najmanji sadržaj cobalta i mangana. Međutim, ako se pogleda ukupan sadržaj legirajućih elemenata, onda se može vidjeti da je ukupan sadržaj legirajućih elemenata najmanji, upravo kod legure 2, što se može tumačiti činjenicom da je strukturni sastav ispitivane legure najpovoljniji sa aspekta kvantitativnog udjela pojedinih faza u leguri, a koje u 0,5M rastvoru HCl i u prisustvu korištenih inhibitora pokazuje pozitivne efekte, kada je koroziona stabilnost u pitanju. Takođe, može se konstatovati da se sve ispitivane legure u 0,5M rastvoru NaCl pona-

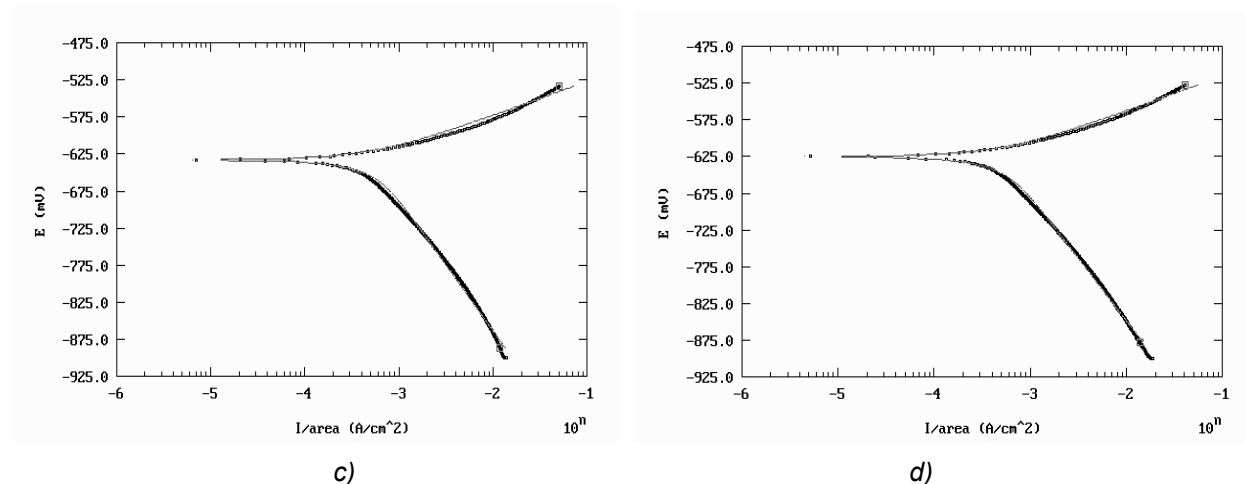
šaju stabilno, bez obzira na različitu efikasnost korištenih inhibitora. Najveću prosječnu efikasnost kod svih ispitivanih legura ima inhibitor Na_2CO_3 , koja iznosi 45,75%, a najmanju prosječnu efikasnost pokazao je inhibitor Na_2HPO_4 , koja iznosi 23,175%.

Na slikama 1 i 2 dati su dijagrami dobijeni metodama polarizacionog otpora i potenciodinamičkom metodom za leguru 2 u osnovnom rastvoru bez inhibitora (0,5M HCl) i sa dodatkom neorganskih inhibitora (NaNO_2 , Na_2CO_3 i Na_2HPO_4 , koncentracije 10^{-4}M) u osnovni rastvor.



Slika 1 - Dijagrami polarizacionog otpora za leguru 2: a) bez dodatka inhibitora, b) u prisustvu 10^{-4}M Na_2CO_3 , c) u prisustvu 10^{-4}M NaNO_2 , d) u prisustvu 10^{-4}M Na_2HPO_4





Slika 2 - Potenciodinamičke katodne i anodne polarizacije krive legure 2: a) bez dodatka inhibitora, b) u prisustvu $10^{-4}M Na_2CO_3$, c) u prisustvu $10^{-4}M NaNO_2$, d) u prisustvu $10^{-4}M Na_2HPO_4$

Dijagrami linerane polarizacije (slika 1) pokazuju da dodatkom neorganskih inhibitora u osnovni rastvor dolazi do pomjeranja potencijala prema pozitivnijim vrijednostima u rastvorima, odnosno do smanjenja brzine korozije [8].

Katodne i anodne polarizacije krive date na slici 2 pokazuju pozitivan uticaj dodatka korišćena inhibitora korozije kroz smanjenje brzine korozije ispitivane legure 2, jer dolazi do pomjeranja potencijala $e(j=0)$ prema pozitivnijim vrijednostima, u odnosu potencijal $e(j=0)$ dobijen u osnovnom rastvoru bez dodatka inhibitora.

ZAKLJUČAK

Rezultati izvršenih ispitivanja efikasnosti inhibitora Na_2CO_3 , $NaNO_2$ i Na_2HPO_4 u 0,5M rastvoru HCl pokazuju:

1. Na koroziono ponašanje ispitivanih legura u 0,5M rastvoru HCl direktan uticaj ima hemijski sastav dobijenih legura.
2. Što se rezultata korozionog ponašanja tiče, može se zaključiti da je kod legure 2, generalno, efikasnost korišćenih inhibitora bila najveća, što se može direktno pripisati hemijskom sastavu legure, odnosno njenim strukturnim karakteristikama.
3. Od svih ispitivanih inhibitora, ukupno gledano, najveću efikasnost je pokazao inhibitor Na_2CO_3 , čija prosječna efikasnost zaštite kod svih ispitivanih legura iznosi 45,75 %.

Zahvalnost

Autori se zahvaljuju Ministarstvu nauke Crne Gore na sredstvima dodijeljenim za naučno-istraživački projekat „Ispitivanje uticaja inhibitora na brzinu korozije materijala na bazi željeza i aluminijuma u vodenim rastvorima“.

LITERATURA

- [1] Davis J.R., Corrosion of Aluminum and Aluminum Alloys, ASM Intl., Materials Park, Ohio, 1999.
- [2] P. Živković „Corrosion Investigation on Al and Al-alloys in Montenegro“, XVIII Yugoslav Symposium Corrosion and Material protection 2000, p 45.
- [3] Radošević J., Malina J., Dolic N., Ljumovic P., Slavica-Matesic S., (2013) Susceptibility to corrosion of welded AlMgSi alloy EN AW 6060, Zastita materijala 54(1) 3-7
- [4] Dragan Radonjić, Darko Vuksanović, Jelena Pješčić, Refik Zejnilović, Veselinka Grudić, (2012), Ispitivanje ponašanja livačkih legura sistema Al-Si u rastvorima hlorida bez i sa prisustvom inhibitora, Zaštita materijala i životne sredine 1 (2) s. 94-100.
- [5] Malina J., Dolic N., Unkic F., (2013) Mikrostrukturni aspekti lokalne korozije Al-slitina u lijevanom stanju, Zastita materijala 54 (3) 240-249
- [6] D. Radonjić, D. Vuksanović, J. Pješčić, R. Zejnilović, V. Grudić: „Examining the efficiency of inorganic inhibitors on the corrosion behavior Al-Si system alloys in aqueous solutions of Na_2SO_4 “, XV Yucorr, Tara, 17-20 September 2013, p.71-76.
- [7] A.R.Despić, J. Radošević, M. Kliskić, Inhibition of cathodic corrosion of aluminium, 7th European Symposium on Corrosion Inhibitors, N. 9, 1990, p 1119-1124.
- [8] M.Pourbaix „Atlas of Electrochemical Equilibrium in aqueous solutions“, Oxford, 1966.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF INORGANIC INHIBITORS ON THE CORROSION BEHAVIOR OF Al-Si ALLOYS IN AQUEOUS CHLORIDE SOLUTIONS

Aluminum, as a metal which can alloy with the large number of elements, is very interesting from the point of its application, i.e. it should, in certain circumstances, in addition to mechanical, satisfy the corrosion characteristics. From this point of interest, the alloys based on Al-Si systems, whose behavior affects the chemical composition, allow, under certain conditions, the obtaining of certain alloy structure that depends on the presence and concentration of other alloying elements. On this basis, it was assumed that the resulting alloy system Al-Si corrosion can "fix" the addition of inhibitors, which will give some protection efficiency in 0.5M HCl solution, i.e. the corrosion stability of these alloys using inhibitors of Na_2CO_3 and Na_2HPO_4 , NaNO_2 , bring to a higher level.

Keywords: corrosion inhibitors, corrosion of metals, current density, aqueous solutions.

Scientific paper

Received for Publication: 16. 07.2014.

Accepted for Publication: 12. 09. 2014.