

VLERËSIMI I EFEKTIVITETIT MBROJTËS TË (R)-AMINO-2-MERKAPTO-3-PROPANOAT METIL HIDROKLORURI NË KORROZIONIN E ÇELIKUT ME KARBON NË MJEDIS ACID

*ARETA ALINJ.¹, BUJAR SEITI.², KLODIAN XHANARI.²,
SADIK CENOLLI.²

¹Universiteti "Ismail Qemali" Vlorë, Fakulteti i Shkencave Teknike, Departamenti i Kimisë

²Universiteti i Tiranës, Fakulteti i Shkencave të Natyrës, Departamenti i Kimisë

e-mail: bujar.seiti@fshn.edu.al

Përmbledhje

Çeliku me karbon përdoret gjerësisht në ndërtim dhe në industrinë e naftës dhe gazit. Ky material është i ndjeshëm ndaj korrozionit në mjedise të ndryshme, sidomos në tretësira acide. Në një numër të madh rastesh inhibitorët organik janë të përshtatshëm për të kontrolluar korrozionin e çelikut me karbon në tretësira acide. Në këtë studim raportohet mbi korrozionin e çelikut me karbon në tretësirë 0.2 M HCl në prani të (R)-amino-2-merkaptto-3-propanoat metil hidroklorurit. Aftësia mbrojtëse e inhibitorit (R)-amino-2-merkaptto-3-propanoat metil hidroklorurit (ose L-Cysteine methyl ester hydrochloride) u vlerësua në temperaturën e mjedisit, duke përdorur metodën e humbjes në peshë dhe metodën e polarizimit potenciodinamik. Rezultatet tregojnë ulje të shpejtësisë së korrozionit për çelikon me karbon në tretësirën 0.2 M HCl në prani të (R)-amino-2-merkaptto-3-propanoat metil hidroklorurit referuar metodës potenciodinamike në vlerën 0.0925 mm/vit dhe asaj të humbjes në peshë në vlerën 0.1334 mm/vit për përqëndrimin 5.0 mM të inhibitorit në 100 mL tretësirë 0.2M të HCl. Vlerat e shpejtësisë së korrozionit të përfutuara me metodën e humbjes në peshë dhe polarizimit potenciodinamik janë të përafërta. Kurbat e polarizimit tregojnë se (R)-amino-2-merkaptto-3-propanoat metil hidrokloruri vepron si inhibitor i përzier.

Fjalëkyçe: Çelik me karbon, inhibitor, (R)-amino-2-merkaptto-3-propanoat metil hidroklorur, humbja në peshë, polarizimi potenciodinamik.

Abstract

The carbon steel is widely used in construction and oil and gas industry. This material however is susceptible to corrosion in different environments, especially in acidic solutions. In a large number of cases organic inhibitors were found to be useful in controlling the corrosion of carbon steels in acidic solutions. In this study we report on the corrosion of the carbon steel in 0.2 M HCl solution in the presence of (R)-methyl 2-amino-3-mercaptopropanoate hydrochloride. The corrosion protection efficiency of (R)-methyl 2-amino-3-mercaptopropanoate hydrochloride was evaluated at room temperature using the weight loss and the potentiodynamic polarization techniques. The results showed that corrosion rate of the carbon steel in 0.2 M HCl solution decreased with the addition of (R)-methyl 2-amino-3-mercaptopropanoate hydrochloride, referred to the potentiodynamic method at 0.0925 mm/year and that of weight loss method at 0.1334 mm/year for the inhibitor concentration in value 5.0 mM in 100 mL of 0.2M HCl solution.

A good correlation was found regarding the corrosion rate values obtained with the weight loss and the potentiodynamic polarization techniques. The polarization curves showed that (R)-methyl 2-amino-3-mercaptopropanoate hydrochloride act as a mixed-type inhibitor.

Keywords: Carbon steel, inhibitor, (R)-methyl 2-amino-3-mercaptopropanoate hydrochloride, weight loss, potentiodynamic polarization.

Hyrje

Në kohët e sotme industria përballet me zvogëlimin e lëndëve të para natyrore. Nga ana tjetër, korrozioni elektrokimik dëmton objektet metalike të industrisë, duke rritur në këtë mënyrë koston dhe nevojat e industrisë për lëndë të para minerale (Dunlop, 1992; Popoola, *et al.* 2013). Korrozioni zvogëlon aftësitë mekanike të metaleve dhe produktet e tij dëmtojnë mjedisin (Proberge, 2000; Schweitzer, 2010; Schweitzer, 2007).

Në mënyrë të vazhdueshme kërkuesit janë përqendruar më tepër në përzgjedhjen, testimin dhe përdorimin e inhibitorëve efektiv, që kanë kosto të ulët dhe janë miqësor me mjedisin, duke zëvendësuar inhibitorët toksik (Farooqi, *et al.* 1997; Palou, *et al.* 2014).

Aminoacidet po gjejnë përdorim si frenues të korrozionit elektrokimik të metaleve apo aliazheve metalike, të tillë si çeliku, alumini, bakri, zinku, në mjedise të ndryshme të ekspozimit të tyre. (Shkirskiy, *et al.* 2015; Tharial, *et al.* 2015; El Ibrahim, *et al.* 2017).

Nga literatura: aminoacidet gjejnë përdorime të shumta në mjekësi, si substanca miqësore me mjedisin, jo-toksike, lehtësisht të biodegradueshme dhe me kosto të ulët (Maruoka, *et al.* 2001; Owens & Blum 1967; Hu *et al.* 2016; Owens & Blum 1967). Disa nga përdorimet në fushën e korrozionit të aminoacideve dhe derivative të tyre si inhibitor janë dhënë nga (El Ibrahim, *et al.* 2017; Zarrouk *et al.* 2011; Zarrouk *et al.* 2012). Rezultatet e tyre tregojnë se prezenca e aminoacideve në mjedis korrodes acid, zvogëlon shpejtësinë e korrozionit dhe rrit efektivitetin mbrojtës ndaj metaleve.

Disa prej faktorëve kryesorë të korrozionit elektrokimik janë: lloji i metalit, lloji i mjedisit korrodes, temperatura, pH, etj. Përzgjedhja e metalit në varësi të këtyre faktorëve luan rol të rëndësishëm në zvogëlimin e korrozionit elektrokimik (Ahmad, 2006; Proberge, 2000; Schweitzer, 2010; Schweitzer, 2007).

Për parandalimin dhe zvogëlimin e korrozionit përdoren inhibitorët organik dhe inhibitorët inorganik. Shumë nga këta inhibitorë janë toksik dhe të dëmshëm për mjedisin. Për këtë arsye kërkimet dhe testimet për inhibitorë të tjerë vijnë ende (Fouda, 2017; Dubey & Singh 2007).

Metodat e mbrojtjes nga korrozioni janë të shumëllojshme, ndër të cilat mund të përmendim: izolimi i metalit nga mjedisi korrodes nëpërmjet galvanizimit, mbrojtja anodike, mbrojtja katodike, përdorimi i inhibitorëve të korrozionit, etj. (Fouda, 2017; Qian, B, *et al.* 2013; Alinj *et al.* 2017; Zhang, *et al.* 2012). Ndër këto metoda, përdorimi i inhibitorëve ka gjetur një përdorim të gjerë. Literatura e studiuar tregon se janë përdorur si inhibitor

një numër i konsiderueshëm komponimesh me bazë natyrore ose të sintezuara (Farooqi, *et al.* 1999; Dubey & Singh 2007; Khanari, *et al.* 2015; Chauhan & Gunasekaran 2007; Palou, *et al.* 2014; Lame, *et al.* 2010; Khanari, *et al.* 2016).

Inhibitori formon një barrierë mbrojtëse në sipërfaqe të metaleve, duke izoluar metalin nga kontakti me mjedisin korrodues (Mu, 1996). Aminoacidet, janë përdorur si inhibitor korrozioni për metalet në mjedis acid (Shkirskiy *et al.* 2015; Tharial *et al.* 2015).

Literaturat: Zarrouk *et al.* (2011); Shkirskiy *et al.* (2015) dhe Tharial *et al.* (2015) tregojnë përkatësisht se: (R)-amino-2-merkpto-3-propanoat metil hidrokloruri është përdorur për mbrojtjen e bakrit, zinkut dhe çelikut në mjedis acid.

Qëllimi i këtij punimi është studimi i ndikimit të (R)-amino-2-merkpto-3-propanoat metil hidroklorurit në shkallën e korrozionit të çelikut me karbon në mjedis HCl 0.2 M, në temperaturë mjedisi (20-25°C). Efektiviteti i inhibitorit u përcaktua, duke përdorur metodën e humbjes në peshë dhe metodën e polarizimit potenciodinamik. Matjet janë realizuar në tretësirë 0.2 M HCl referuar sasive të ndryshme të inhibitorit.

Materiali dhe metodat

Inhibitori i testuar në këtë punim është (R)-amino-2-merkpto-3-propanoat metili hidroklorur nga Sigma Aldrich, me pastërti $\geq 98\%$. Ky komponim ka formulë lineare HSCH₂CH(NH₂)COOCH₃·HCl. Struktura e këtij inhibitori paraqitet në Figurën 1. Mostrat e çelikut të testuara në këtë punim janë marrë nga kampionë çeliku me karbon me përbërje të përshkruar në Tabelën 1.

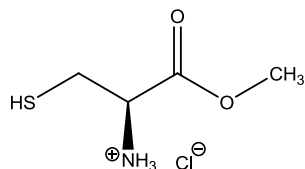


Figura 1: Formula strukturore e (R)-amino-2-merkpto-3-propanoat metil hidroklorurit

Tabela 1: Përbërja e mostrave të çelikut me karbon

Elementi	C	Cr	Mo	Si	Mn	S
Përmbajtja (%)	0.195	0.118	0.018	0.186	0.710	0.019
Elementi	Ni	Cu	Co	Ti	Nb	V
Përmbajtja (%)	0.140	0.365	0.014	≤0.0005	≤0.0010	≤0.0010
Elementi	Pb	B	Sb	Sn	Zn	As
Përmbajtja (%)	0.0080	0.0016	≤0.0010	≤0.0030	0.0011	0.015
Elementi	Ta	Ca	Ce	Zr	La	Fe
Përmbajtja (%)	0.0070	0.0012	0.0020	≤0.0015	0.0003	98.1
Elementi	Se	P	W	Bi	N	
Përmbajtja (%)	<0.0020	0.033	0.0095	0.0070	>0.019	

Për matjet me metodën e polarizimit potenciodinamik është përdorur një elektrodë pune nga i njëjti çelik me karbon me përbërje të dhënë në Tabelën 1. Elektroda e punës ka formë cilindrike dhe sipërfaqja e punës (sipërfaqja e ekspozuar në mjedisin korrodues) ka formë rrethore dhe diametër 5 mm. Sipërfaqja e punës e elektrodës pastrohet me letër poliruese (sipas të njëjtës procedurë të përdorur edhe për mostrat e metodës së humbjes në peshë). Mostra e çelikut fiksohet në qendrën e një cilindri tefloni me anë të derdhjes së epoksidit, për të shmangur kontaktin e sipërfaqes anësore me tretësirën.

Sipërfaqja e punës së elektrodës polirohet me letër poliruese 1000, ç'ndryshohet me aceton, lahet dhe pastrohet me ujë të distiluar dhe në fund thahet me ajër të nxehtë të presuar. Elektroda e platinit përdoret si elektrodë ndihmëse dhe si elektrodë reference përdoret elektroda e ngopur e kalomelit, e shoqëruar me urë lidhëse. Lloji i aparatit të përdorur për matjet elektrokimike është aparat Tacussel (PJT 24-1), i pajisur me Pilovit për skanimin e potencialit. Në fillim të procesit të polarizimit, përcaktojmë potencialin e qetësisë së korrozionit, duke e lënë elektrodën të zhytur për rreth 15-30 min, deri në stabilizimin e potencialit. Shkalla e polarizimit është 6 mV/min. Nga të dhënat eksperimentale të përfuara ndërtohen kurbat e polarizimit potenciodinamik dhe u përcaktuan vlerat e densitetit të rrymës së korrozionit, shpejtësia e korrozionit dhe efektiviteti mbrojtës i inhibitorit.

Tabela 2 tregon përbërjen e mjedisit korrodues, të përbërë nga tretësira e HCl 0.2M me dhe pa shtesa të: (R)-amino-2-merkupto-3-propanoat metil hidrokloruri. Sasia përkatëse e inhibitorit u shtua në tretësirën me vëllim 100 mL HCl 0.2M.

Matjet u kryen në kushte qetësie dhe ajrimi natyror, në temperaturë mjedisi (20-25°C), në tretësirë HCl 0.2 M që përmban sasi të ndryshme inhibitori.

Tabela 2. Përbërja e mjedisit korrodues

Tretësirë HCl (vëllimi 100 mL)	0.2 M
Përqendrimi i inhibitorit	1.0 mM
	3.0 mM
	5.0 mM

Mostrat e çelikut me karbon të përdorura për metodën e humbjes në peshë janë në formë kuboidi me përmasa (40 x 25 x 3.5) mm. Varja e mostrës realizohet në një birë me diametër 3.2 mm. Në fillim mostrat shënohen dhe polirohen me letra poliruese me shkallë ashpërsie të ndryshme nga 320 deri në 1200. Më tej, mostrat shpëlahen me ujë të distiluar, thahen me ajër të ngrohtë të presuar, ç'nydyrosen me aceton dhe methanol për afro 10 minuta. Në përfundim, mostrat e përpunuara më lart shpëlahen me ujë të distiluar, thahen dhe peshohen me saktësi përpara se të zhyten në mjedisin korrodues (tretësirë 0.2 M HCl).

Mostrat zhyten për 3 orë në tretësirën 0.2 M HCl. Me tej mostrat shpëlahen me ujë çezme të bollshem, ujë të distiluar, dhe thahen duke përdorur rrymë ajri të ngrohtë e të presuar. Në fund, mostrat peshohen sërish me saktësi. Për llogaritjen e shpejtësisë së korrozionit dhe efektivitetit mbrojtës të inhibitorit përdoret diferenca në peshë, para dhe pas zhytjes në mjedisin korrodues.

Rezultatet dhe diskutimi

Lakoret e polarizimit potenciodinamik për mostrat e çelikut me karbon të zhytura në tretësirë 0.2 M HCl, me dhe pa inhibitor, si dhe tangentet për përcaktimin e densitetit të rrymës së korrozionit, paraqiten në Figurën 2.

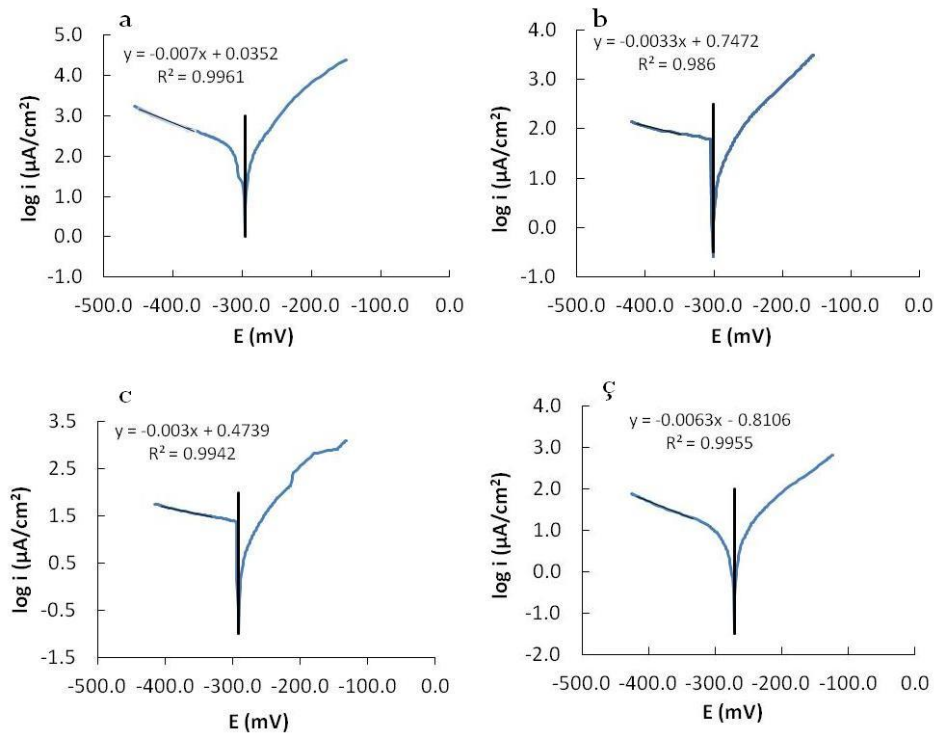


Figura 2: Lakoret e polarizimit potenciodinamik për mostrat e çelikut me karbon të zhytura në tretësirë 0.2 M HCl, a) pa inhibitor, b) me 1 mM, c) me 3 mM, d) me 5 mM inhibitor të shtuar.

Nëpërmjet tagenteve të lakoreve të polarizimit Tafel gjenden vlerat e densitetit të rrymës së korrozionit i_{korr} . Shpjëtësia e korrozionit dhe efektiviteti i inhibitorit të përdorur përcaktohet nëpërmjet formulave:

$$\text{EI}\% = \frac{i_{\text{kor}}^{\circ} - i_{\text{kor}}}{i_{\text{kor}}^{\circ}} \cdot 100 \quad v = \frac{E \cdot 3600}{96500} \cdot i_{\text{korr}} \quad v_{(\text{mm/vit})} = \frac{8.76 \cdot v_{(\text{g}/\text{m}^2\text{orë})}}{d_{(\text{g}/\text{cm}^3)}}$$

EI% - efektiviteti i inhibitorit; i_{korr}° – densiteti i rrymës së korrozionit pa inhibitor në μA ; i_{korr} – densiteti i rrymës së korrozionit me inhibitor në μA ; E - njëvlerësi i Fe^{2+} ; d-densiteti i hekurit = $7.86 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Shpejtësia e korrozionit dhe efektiviteti i inhibitorit, për përqendrimet e ndryshme të tij janë paraqitur në Tabelën 4.

Tabela 4: Varësia e shpejtësisë së korrozionit dhe efektivitetit mbrojtës sipas sasisë së inhibitorit të shtuar në 100 mL tretësirë 0.2 M HCl.

Përqendrimi i inhibitorit (mM)	0.0	1.0	3.0	5.0
Densiteti i rrymës së korrozionit i ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	128.20	55.06	22.24	7.95
V ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{orë}$)	1.3391	0.5752	0.2323	0.0830
V (mm/vit)	1.4924	0.6411	0.2589	0.0925
Efektiviteti i inhibitorit (%)	-	57.05	82.65	93.80

Nga Tabela 4, shihet se vlera më e lartë e efektivitetit, 93.80% është arritur për përqendrim të inhibitorit 5.0 mM. Shpejtësia e korrozionit në këtë rast ulet nga 1.3391 $\text{g}/\text{m}^2\text{orë}$ (për mostrat e çelikut të zhytura në tretësirë 0.2 M HCl pa inhibitor) në 0.0830 $\text{g}/\text{m}^2\text{orë}$ (për mostrat e çelikut të zhytura në tretësirë 0.2 M HCl me përqendrim inhibitori 5.0 mM). Shpejtësia e korrozionit në mungesë të inhibitorit është 1.4924 mm/vit, ndërsa në rastin e shtimit të 5.0 mM inhibitor në 100 mL 0.2 M HCl është 0.0925 mm/vit.

Në mënyrë të përmbledhur lakoret e polarizimit potenciodinamik për mostrat e çelikut të zhytura në tretësirë 0.2 M HCl me dhe pa shtim të inhibitorit paraqiten në Figurën 3.

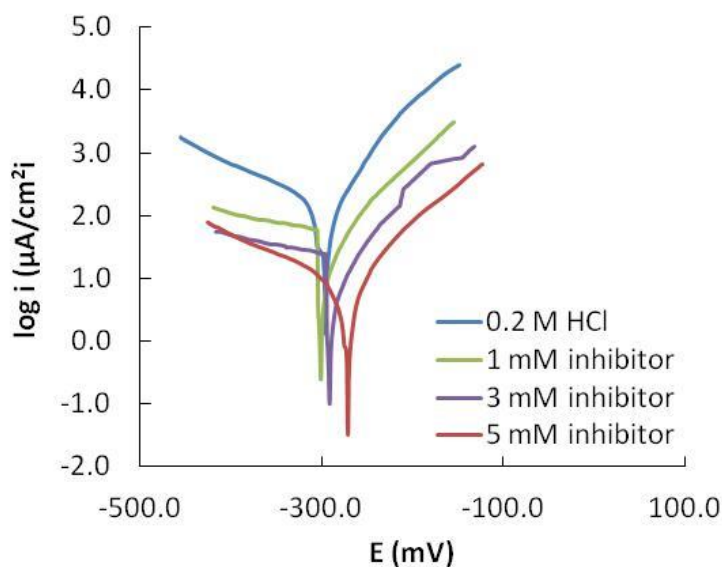


Figura 3: Lakoret e polarizimit potenciodinamik për mostrat e çelikut me karbon në tretësirë 0.2 M HCl me dhe pa inhibitor.

Sipas Figurës 3 vihet re se shtimi i: (R)-amino-2-merkupto-3-propanoat metil hidrokloruri ndikon si gjysmëreaksionin anodik dhe në gjysmëreaksionin katodik të korrozionit. Për rrjedhojë mund të themi se (R)-amino-2-merkupto-3-propanoat metil hidrokloruri sillet si një inhibitor i përzier.

Në metodën e humbjes në peshë mostrat e çelikut me karbon të përgatitura siç është përshkruar në pjesën eksperimentale, u zhytën për 3 orë në tretësirë 0.2 M HCl me dhe pa shtesa të inhibitorit. Shpejtësia e korrozionit (v) në $\text{g/m}^2\text{orë}$ dhe mm/vit , si dhe efektiviteti i inhibitorit i shprehur në përqindje (EI%) është njehsuar me formulat e mëposhtme:

$$v_{(\text{g/m}^2\text{orë})} = \frac{\Delta m}{S \cdot t} \quad v_{(\text{mm/vit})} = \frac{8.76 \cdot v_{(\text{g/m}^2\text{orë})}}{d} \quad \text{EI\%} = \frac{v_0 - v}{v_0} \cdot 100$$

ku, Δm (në g) - është ndryshimi i peshës të mostrës, para dhe pas eksperimentimit; S (në m^2) - sipërfaqja e mostres; v_0 - shpejtësia e korrozionit në mungesë të inhibitorit; v - shpejtësia e korrozionit në prani të inhibitorit, t (në orë) - koha e ekspozimit të mostrës në mjedisin korrodues dhe d - dendësia e çelikut, 7.86 g/cm^3 .

Vlerat e shpejtësisë së korrozionit në $\text{g/m}^2\text{orë}$ dhe mm/vit , si dhe efektiviteti i inhibitorit i shprehur në përqindje (EI%) paraqet në Tabelën 3.

Tabela 3: Efektiviteti i inhibitorit dhe shpejtësia e korrozionit (në $\text{g/m}^2\text{orë}$ dhe mm/vit) për çelikon me karbon i zhytur në tretësirën 0.2 M HCl që përmban sasi të ndryshme të (R)-amino-2-merkupto-3-propanoat metil hidroklorurit

Nr. mostrës	Përqendrimi i inhibitorit (mM)	v ($\text{g/m}^2 \cdot \text{orë}$)	v (mm/vit)	EI (%)
1	0.0	1.1204	1.2486	0.0
2	1.0	0.5622	0.6266	49.82
3	3.0	0.2431	0.2709	78.30
4	5.0	0.1197	0.1334	89.31

Siç shihet nga Tabela 3, efektiviteti i inhibitorit të testuar rritet me rritjen e përqendrimit të inhibitorit në tretësirë. Shpejtësia e korrozionit zvogëlohet nga $1.1204 \text{ g/m}^2\text{orë}$ (për mostrën e çelikut të zhytur në tretësirën 0.2 M HCl pa inhibitor) në $0.1197 \text{ g/m}^2\text{orë}$ (për mostrën e zhytur në tretësirën 0.2 M HCl me përqendrim inhibitori 5.0 mM. Efektiviteti maksimal i inhibitorit, 89.31% u arrit në rastin e përqendrimit të inhibitorit 5.0 mM në tretësirën 0.2 M HCl.

Përfundime

Në këtë punim është vlerësuar roli mbrojtës i (R)-amino-2-merkupto-3-propanoat metili hidroklorurit ndaj çelikut me karbon në tretësirë ujore 0.2

M HCl në temperaturë mjedisi (20-25°C). Në funksion të objektit të këtij punimi u përdor metoda e polarizimit potenciodinamik dhe metoda e humbjes në peshë. Nëpërmjet rezultateve të matjeve të marra nga shumë eksperimente të realizuara, është shprehur me vlera numerike ky ndikim.

Rezultatet e përftuara nga metoda e humbjes në peshë dhe metoda e polarizimit potenciodinamik tregojnë se (R)-amino-2-merkupto-3-propanoat metil hidrokloruri paraqet aftësi mbrojtëse optimale ndaj çelikut me karbon në tretësirë 0.2 M HCl. Shpejtësia e korrozionit zvogëlohet me rritjen e përqendrimit të (R)-amino-2-merkupto-3-propanoat metil hidroklorurit. Vlera minimale e shpejtësisë sipas metodës së polarizimit potenciodinamik është 0.0830 g/m²orë (ose 0.0925 mm/vit), ndërsa sipas metodës të humbjes në peshë është 0.1197g/m²orë (ose 0.1334 mm/vit). Vlera maksimale e efektivitetit të inhibitorit (për përqendrimin e inhibitorit 5.0 mM) rezultoi 93.80% me metodën e polarizimit potenciodinamik dhe 89.31% me metodën e humbjes në peshë. Sipas kushteve të marra në studim, nëpërmjet lakoreve të polarizimit potenciodinamik, shohim se (R)-amino-2-merkupto-3-propanoat metil hidrokloruri sillet si një inhibitor i përzier (d.m.th ndikon njësoj si në gjysëm-reaksionin anodik ashtu dhe në atë katodik).

Literatura

Dunlop, K. A. (1992): Corrosion in Petroleum Production Operations, in ASM Handbook, Corrosion, L. J. Korb (Ed.) & D. L. Olson (Ed.), ASM International: Vol.13: 3129-3133

Popoola, L., Grema, A., Latinwo, G., Gutti, B. & Balogun, A. (2013): Corrosion Problems During Oil and Gas Production and its Mitigation. International Journal of Industrial Chemistry, 4(7), DOI: 10.1186/2228-5547-4-35

Proberge, R. (2000): Handbook of Corrosion Engineering, McGraw-Hill Companies: 710-736

Schweitzer, A P., (2010): Fundamentals of Corrosion: Mechanisms, Causes, and Preventative Methods, Taylor and Francis Group: 309-326

Schweitzer P. A. (2007): Fundamentals of metallic corrosion, Atmospheric and media corrosion of metals: Corrosion engineering handbook, second edition. CRC press, Taylor & Francis group: 1-37

Farooqi, H.I., Nasir, A. M. & Quraishi, A. M.,(1997): Environmentally-friendly inhibitor formulations for industrial cooling systems, Corrosion Prevention and Control, vol. 44 (5): 129-134

Palou, M. R., Olivares-Xomelt, O. & Likhanova, V. N. (2014): Environmentally Friendly Corrosion Inhibitors, in Developments in Corrosion Protection, M. Aliofkhaezrai (Ed.), In Tech, DOI: 10.5772/57252: 444-452

Shkirskiy, V., Keil, P., Hintze-Bruening, H., Leroux, F., Brisset, F., Ogle, K. & Volovitch, P. (2015): The effects of L-cysteine on the inhibition and accelerated dissolution processes of zinc metal, Elsevier: Corrosion Science, vol. 100: 101-112

Tharal, X. G., Thirumalairaj, B., & Jaganathan, M., (2015): Effect of Piperidin-4-ones on the Corrosion Inhibition of Mild Steel in 1 N H₂SO₄, *International Journal of Corrosion*, vol.5: Article ID 410120, 15 pages

El Ibrahim, B., Jmiai, A., Bazzi, L. & El Issami, S., (2017): Amino acids and their derivatives as corrosion inhibitors for metals and alloys, review, *Arabian Journal of Chemistry*, vol. xxx: xxx-xxx

Zarrouk, H., Hammouti, B., Dafali, A., Zarrok, H. (2011): L-Cysteine methyl ester hydrochloride: A new corrosion inhibitor for copper in nitric acid, *Der Pharma Chemica*, Vol. 3 (4): 266-274

Zarrouk, A., Hammouti, B., Zarrok, H., Al-Deyab, S.S., & Messali, M. (2011): Temperature Effect, Activation Energies and Thermodynamic Adsorption Studies of L-Cysteine Methyl Ester Hydrochloride As Copper Corrosion Inhibitor In Nitric Acid 2M, *International Journal of Electrochemical Science*, Vol. 6: 6261 – 6274

Zarrok, H., Salghi, R., Zarrouk, A., Hammouti, B., Oudda, H., Bazzi, Lh., Bammou, L., & Al-Deyab, S. S., (2012): Investigation of the Inhibition Effect of N-1-Naphthylethylenediamine Dihydrochloride Monomethanolate on the C38 Steel Corrosion in 0.5M H₂SO₄, *Der Pharma Chemica*, vol.4 (1): 407-416

Hu, Longqin., Yang, Y., Aloysius, H., Albanyan, H., Yang, M., Liang, J.J., Yu, A., Shtukenberg, A., Poloni, N. L., Kholodovych, V., Tischfield A. J., Goldfarb, S.D., Ward, D.M., & Sahota, A., (2016): L-Cystine Diamides as L-Cystine Crystallization Inhibitors for Cystinuria, *J Med Chem.*, vol. 59(15): 7293–7298

Maruoka, H., Kitaoka, Sh., Tohnai, N., Inaki, Y. & Tadashi, T., (2001): Study about the inhibition of L-cysteine derivatives of nucleic acid bases in protein production, *Oxford University Press, Nucleic Acids Research Supplement No. 1: 97-98*

Owens, I., & Blum, J. J. (1967): Amino Acid Esters as Inhibitors of Growth and of Aminoacyl Transfer Ribonucleic Acid Synthetases in *Euglena* and *Astasia*, *The Journal of Biological Chemistry*, Vol. 212: No. 12, Issue 25: 2893-2902

Mansfeld, F. (2003): Electrochemical methods of corrosion testing, in: S.D. Cramer, B.S. Covino Jr. (Eds.), *Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection*, Vol. 13A, *ASM Handbook*, ASM International: 446–462

Ahmad, Z. (2006): Principles of corrosion engineering and corrosion control, *Elsevier Science and Technology Books*: 3–672

Mu, N. G., Zhao, P. T., Liu M. & Gu, T., (1996): Effect of metallic cations on corrosion inhibition of an anionic surfactant for mild steel, *Corrosion*, vol. 52(11): 853–856

Fouda S. A, M. Diab A. & Fathy S. (2017): Role of some organic compounds as corrosion inhibitors for 316L stainless steel in 1 M HCl, *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 12: 347– 362

Qian, B., Wang, J., Zheng, M. & Hou, B. (2013): Synergistic effect of polyaspartic acid and iodide ion on corrosion inhibition of mild steel in H₂SO₄, *Corrosion Science*, vol. 75: 184-192

Alinj, A., Seiti, B. & Khanari, K. (2017): Evaluation of the corrosion resistance of carbon steel in 3% NaCl solution in presence of 2-aminopyridine, 7th International Conference of Ecosystems, Proceedings: 317–321

Zhang, Q., Vigier, K. D. O., Royer, S. & Jérôme, F. (2012): Deep eutectic solvents: syntheses, properties and applications. *Chem. Soc. Rev.* vol. 41: 7108–7146

Dubey, A. K. & Singh G. (2007): Corrosion inhibition of mild steel in sulphuric acid solution by using polyethylene glycol methyl ether (PEGME), *Portugaliae Electrochimica, Acta* 25: 222–230

Xhanari, K., Seiti, B. & Alinj, A. (2015): Vitamin C as Corrosion Inhibitor of 36CrMo Steel in Hydrochloric Acid Solution. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences*, 5(3), 479-489

Chauhan, R. L. & Gunasekaran, G. (2007): Corrosion inhibition of mild steel by plant extract in dilute HCl medium, *Corrosion Science*, vol. 49(3): 1143–1161

Palou, M. R., Olivares-Xomelt O. & Likhanova N. V (2014): Environmentally friendly corrosion inhibitors, *Developments in corrosion protection*, Dr. M. Aliofkhaezrai (Ed.), In Tech DOI: 10.5772/57252: 444–452

Lame, A., Kondakçiu, E., Seiti, B. & Prifti, M. (2010): Investigation of CuCl₂ impact in protection efficiency of some carbon steels corrosion inhibitors in HCl solutions. *AKTET, Revistë shkencore e Institutit Alb-Shkenca*, vol. III (2): 280-285

Xhanari, K., Gaçe, Z., Seiti, B., Nuro, A. & Hoti, A. (2016): Corrosion of 36CrMo steel in hydrochloric acid solution in the presence of *Thymus serpyllum* extracts, *Oxidation*, vol: 39 (Nr. 3-II): 2545–2552

Farooqi, H. I., Quraishi, A. M. & Saini, A. P., (1999): Corrosion prevention of mild steel in 3% NaCl water by some naturally-occurring substances, *Corrosion Prevention and Control*, vol. 46(4): 93–96