

Elektrohemijsko ponašanje mesinga u prisustvu benzotriazola – uticaj pH i hlorida

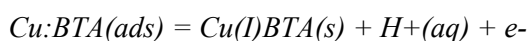
U ovom radu su prikazani rezultati do kojih se došlo prilikom ispitivanja elektrohemijaskog ponašanja mesinga Cu37Zn u boratnim rastvorima (pH = 8.0 – 12.3) u prisustvu benzotriazola (BTA). Ispitivan je uticaj vremena izloženosti mesinga u BTA rastvorima, koncentracije hloridnih jona, koncentracije benzotriazola, kao i pH ispitivanih rastvora na elektrohemijske karakteristike tretiranog mesinga. Od metoda su korišćene merenje potencijala otvorenog kola i linearna voltometrija.

1.0. UVOD

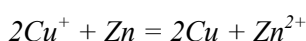
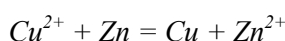
Bakar i njegove legure se koriste u mnogim industrijama. Naročito veliku primenu mesing ima u brodogradnji i pri proizvodnji izmenjivača toplote zbog svoje otpornosti na koroziju. Upravo zbog svoje otpornosti mesing je našao primenu u agresivnim sredinama kao što je morska voda. Zbog velikog industrijskog značaja, i upotrebe u agresivnim sredinama mesing je bio predmet interesovanja mnogih naučnika. Ispitivano je ponašanje mesinga u morskoj vodi [1, 5], natrijum-hloridu [6, 8-10], sumpornoj kiselini [23], azotnoj kiselini [20, 22], nitritnim rastvorima [4]. Posmatrani su i parametri koji utiču na brzinu korozije pre svega temperatura, gde se došlo do zaključka da sa porastom temperature raste i brzina korozije [8]. U cilju što bolje zaštite mesinga od korozije ispitivano je dejstvo mnogih inhibitora u različitim rastvorima. Kao dobri inhibitori u morskoj vodi pokazali su se N,N-dibenzotriazol-1-metilaminometil i 3-hidroksipropil-1-benzotriazol [1]. Dobra inhibitor-ska svojstva u hloridnim rastvorima pokazali su derivati benzotriazola (BTA). U prvom redu to su N-1-benzotriazol-1-etil anilin, N, N-dibenzotriazol-1-metil-aminoetan, N-benzotriazol-1-metil anilin, 1-hidroksimetil-benzotriazol (9, 10). Kao inhibitori korišćena su i druga organska jedinjenja kao što su terdent ligandi, različiti derivati tetrazola [21, 22]. U određenim uslovima zadovoljavajuća inhibitor-ska svojstva pokazivao je i arsen bilo kao legirajući element, bilo u vidu anjona u rastvoru [4].

Adresa autora: Tehnički fakultet Bor, Univerzitet u Beogradu, P.Fah 50, 19210 Bor, Srbija

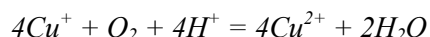
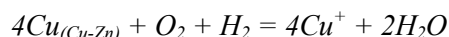
Kao inhibitor, BTA je pomno ispitivan. Pokazalo se da je to jedan od najboljih inhibitora korozije bakra i njegovih legura u neutralnim i baznim rastvorima. U kiselim rastvorima BTA nije pokazivao tako dobro inhibitor-sko dejstvo. Takođe BTA ima uticaja i na potencijal otvorenog kola čineći ga anodnijim. BTA ima više efekta na anodno rastvaranje, nego na katodnu redukciju [12, 19]. Inhibitorsko dejstvo se ogleda u formiranju kompleksa Cu(I)BTA [26]:



Formiranje zaštitnog kompleksa intenzivira se sa porastom koncentracije BTA [26]. U agresivnim sredinama mesing je podložan decinkaciji. Mehanizam decinkacije mesinga tumače dve teorije. Prva teorija pretpostavlja selektivno rastvaranje cinka, koji odlazi u okolnu sredinu a ostaje porozni ostatak bogat bakrom. Prema drugoj teoriji dolazi do istovremenog rastvaranja bakra i cinka uz redepoziciju bakra iz rastvora po površini mesinga prema jednačinama [25]:



Prisustvo kiseonika u rastvoru ubrzava koroziju mesinga zbog rastvaranja bakra i cinka, koje se odvija prema jednačinama [25]:



Decinkaciju u velikoj meri sprečavaju BTA i BTA derivati, kao i legiranje mesinga arsenom [3, 9, 10, 12]. Zaštita mesinga je povezana sa nastajanjem stabilnog zaštitnog filma na metalnoj površini. Zaštitni film se obrazuje od oksida bakra, gde dominantnu ulogu ima Cu_2O , i oksida cinka [1, 2, 8, 14]. Zaštitni film je kompleksnog sastava, i na njegov sastav ima uticaja i potencijal. Na negativnijim potencijalima formira se $\text{ZnO} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ dok na pozitivnijim potencijalima dominantnu ulogu preuzimaju oksidi bakra CuO i Cu_2O . Na sastav pasivnog sloja ima uticaja i sadržaj cinka u leguri. Sa povećanjem sadržaja cinka ZnO postaje dominantan u zaštitnom sloju [15, 27].

U ovom radu ispitivano je korozivno ponašanje mesinga u rastvorima boraksa na različitim pH vrednostima. Takođe je praćen efekat hlorida na koroziju mesinga. Kao inhibitor korišćen je rastvor BTA, gde je praćena i njegova efikasnost.

Tabela 1 - Sastav i pH osnovnih rastvora

Polazni rastvor (količina za 100cm ³ rastvora)	pH				
	8,0	8,7	9,3	10,3	12,3
0,1M H_3BO_3	95 cm ³	75 cm ³	0	0	0
0,1M $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	5 cm ³	25 cm ³	100 cm ³	12,5 cm ³	12,5 cm ³
0,1M NaOH	0	0	0	24,75cm ³	35 cm ³
H ₂ O	0	0	0	62,75cm ³	52,5 cm ³

U osnovne rastvore dodavan je natrijum hlorid (0,2924g NaCl u 100 cm³ osnovnog rastvora) pri čemu su dobijani rastvori u kojima je koncentracija hloridnih jona iznosila 0,05M.

Takođe, pravljeni su dve serije rastvora inhibitora BTA:

a) U osnovne rastvore dodavane su odgovarajuće količine BTA tako da su koncentracije tog inhibitora iznosile: $6,72 \cdot 10^{-4}\text{M}$, $6,72 \cdot 10^{-5}\text{M}$ i $3,36 \cdot 10^{-5}\text{M}$.

b) Isto kao pod **a**, samo što je u u rastvore, pored BTA, dodavan i NaCl u koncentraciji 0,05M.

Prilikom ispitivanja uticaja stajanja mesingane elektrode u rastvoru inhibitora korišćena je koncentracija BTA od 0,2%. U ovom rastvoru elektroda je izlagana 5min, 15 min i 60 min, a nakon tog vremena elektroda je vađena, prana destilovanom vodom i prenošena u elektrohemijisku ćeliju, u ko-

2.0. EKSPERIMENTALNI RAD

2.1. Priprema elektrode

Kao uzorak u toku rada korišćena je radna elektroda od mesinga Cu37Zn koja je dobijena zatapanjem mesingane žice ($\phi = 0,79$ cm) u masi na bazi metil krilata. Površina elektrode koja je ispitivana je 0,49cm². U toku rada elektroda je polirana glinicom (Al_2O_3), prana destilovanom vodom i sušena. Za rad je korišćen kompjuterizovan potenciostat sa troelektrodnim sistemom. Zasićena kalomelova elektroda je korišćena kao referentna elektroda, dok je pomoćna elektroda bila platinska.

2.2. Reagensi

Korišćeni su rastvori: 0,1M rastvor H_3BO_3 ; 0,1M rastvor $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$; 0,1M rastvor NaOH i rastvor benzotriazola (BTA) koncentracije $1,68 \cdot 10^{-2}\text{M}$. Svi rastvori su pravljeni od hemikalija p. a. čistoće.

Od polaznih rastvora borne kiseline, boraksa i natrijum hidroksida pravljeni su mešanjem rastvori određenih sastava i pH vrednosti (Tabela 1). Za sve rastvore naknadno je određivana pH vrednost korišćenjem pH-meter MA 5740 proizvođača Iskra – Slovenija.

joj se nalazio željeni rastvor, a zatim je meren potencijal otvorenog kola i vršena su polarizaciona merenja.

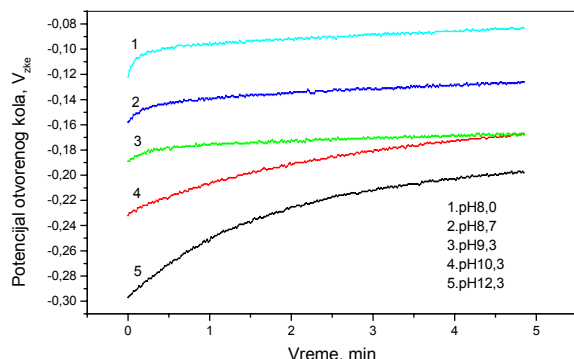
2.3. Procedura

Aparatura koja je korišćena tokom elektrohemijških ispitivanja sastojala se od potenciostata koji je direktno povezan na kompjuter preko AD kartice. Primenjene su metode: merenje potencijala otvorenog kola i linearna voltometrija. Potencijal otvorenog kola određivan je tokom 5min, a zatim su polarizacione krive snimane od potencijala otvorenog kola do približno 1,0V_{zke}. Merenja su izvođena pri brzini promene potencijala 1 i 10mV/s. Sva merenja kod kojih nije posebno naznačena brzina promene potencijala izvedena su pri brzini 10mV/s. Sva merenja su vršena na sobnoj temperaturi. Potencijal je izražavan u odnosu na zasićenu kalomelovu elektrodu.

3.0. REZULTATI I DISKUSIJA

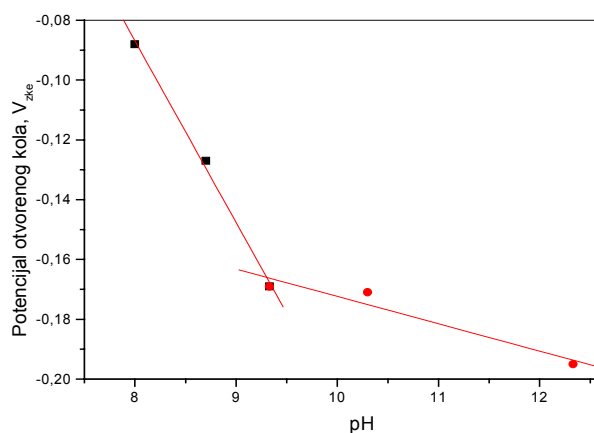
3.1. Ponašanje mesinga u rastvoru boraksa

3.1.1. Potencijal otvorenog kola



Slika 1 - Zavisnost potencijala otvorenog kola od vremena u rastvorima boraksa na različitim pH vrednostima (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3)

Praćena je promena potencijala otvorenog kola u vremenu od 5min (slika 1.). Primećeno je da potencijal otvorenog kola postaje pozitivniji sa porastom vremena, a negativniji sa porastom pH vrednosti i da se kreće u granicama od $-0,088V_{zke}$ do $-0,195V_{zke}$ (slika 2.). Sa slike 2 se vidi da je veća promena potencijala mesinga pri nižim pH vrednostima, a da se na $pH > 9,3$ potencijal sporije menja. Milošev i dr[27] pratili su promenu potencijala otvorenog kola mesinga u boratnim rastvorima i primetili su da je potencijal otvorenog kola išao ka pozitivnijim vrednostima nakon stajanja elektrode u rastvoru 60min. To ukazuje na pasivizaciju površine mesingane elektrode. Takođe, oni su našli da sa porastom sadržaja Zn u leguri potencijal otvorenog kola pomera se ka negativnijim vrednostima pri čemu ravnotežno stanje se uspostavlja za 10min.



Slika 2 - Zavisnost potencijala otvorenog kola od pH u rastvorima boraksa

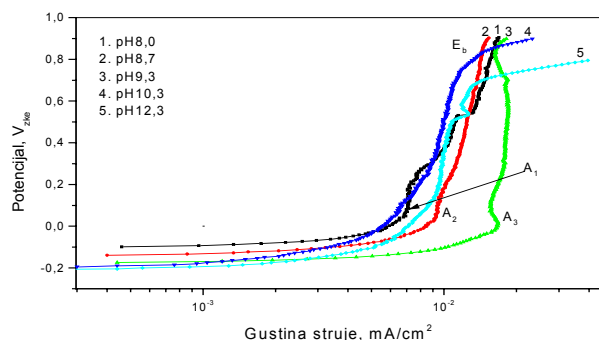
3.1.2. Polarizaciona merenja

Anodne polarizacione krive mesinga u pufer-skim rastvorima boraksa na različitim vrednostima pH prikazane su na slikama. Na slici 3 prikazane su polarizacione krive sa brzinom polarizacije $1mV/s$, a na slici 4 su date krive gde je brzina polarizacije iznosila $10mV/s$.

U oba slučaja je uočeno da gustina struje zavisi od promene pH rastvora pri čemu se može konstatovati da u intervalu pH 8,0 – 9,3 gustina struje raste, a da na pH 10,3 gustina struje znatno opada. U baznijoj sredini ($pH = 12,3$) ponovo se intenzivira proces rastvaranja mesinga. Sa slike 3 se vidi da na polarizacionim krivama snimljenim na $pH = 8,0, 8,7$ i $9,3$ postoje pikovi A_1, A_2 i A_3 , respektivno. Ovi pikovi po vrednosti potencijala odgovaraju građenju Cu_2O . Potencijal pitinga (E_b) zavisi od pH, i to tako što postaje negativniji sa porastom pH vrednosti.

Milošev i saradnici[27] su vršili polarizaciju mesinga u rastvorima boraksa bez i sa dodatkom hloridnih jonova. pri čemu su uočili anodni pik u okolini potencijala od $0,0V_{zke}$. To se slaže sa podacima navedenim u ovom radu. Takođe, su našli da potencijal pucanja (E_b) se javlja na potencijalu od $0,85V_{zke}$. što je potvrđeno rezultatima prikazanim u ovom radu. Pomoću fotoelektronske spektroskopije X zracima u boratnim rastvorima primetili su pik na $499,6eV$ koji potvrđuje postojanje ZnO na površini elektrode, a u pasivnom filmu na mesingu su detektovali $ZnO/Cu_2O/Cu(OH)_2$. Bellakhal i ostali [24] su proučavali nastajanje produkata oksidacije mesinga u alkalnim vodenim sredinama. Vršili su anodna polarizaciona merenja u intervalu od $-1,5V_{zke}$ do $0,7V_{zke}$ i u tom intervalu su uočili pet pikova. U oblasti potencijala od $-1,1V_{zke}$ do $-0,8V_{zke}$ iznašli su dva anodna pika koja potvrđuju građenje ZnO i $Zn(OH)_2$ na površini mesinga, ali na višim potencijalima ($-0,3V_{zke}$ do $0,2V_{zke}$) registrovali su još tri pika koja svedoče o građenju oksida i hidroksida bakra na površini elektrode.

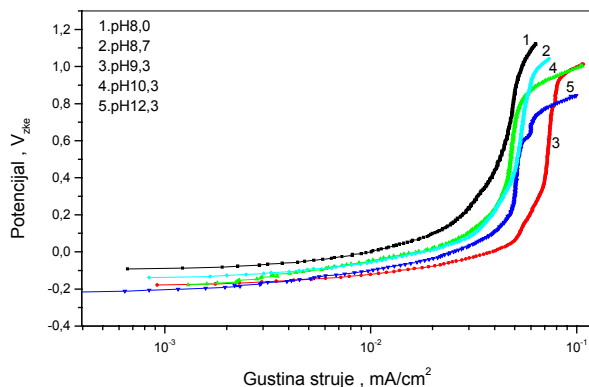
Korišćenjem podataka sa slike 3 određeni su elektrohemijski parametri rastvaranja mesinga u pufer-skim rastvorima boraksa različitih pH vrednosti (tabela 2.) Iz tabele se može videti da se vrednost b_a u posmatranom opsegu pH vrednosti malo menja i kreće se u intervalu $83,8 - 87,9$ mV/dekadi. To pokazuje da se mehanizam reakcije ne menja sa promenom pH vrednosti [18,22].



Slika 3 - Polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa na različitim pH vrednostima (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3). Polarizaciona merenja su vršena odmah nakon uranjanja u rastvor, 1mV/s

Tabela 2 - Elektrohemijski parametri mesinga u rastvorima boraksa različitim pH vrednosti

pH	$E_{\text{corr}}[\text{V}_{\text{zke}}]$	$I_{\text{corr}}[\mu\text{A}/\text{cm}^2]$	$b_a[\text{mV}_{\text{zke}}/\text{dec}]$
8,0	-0,088	1,1	83,81
8,7	-0,127	1,7	85,34
9,3	-0,169	6,4	86,09
10,3	-0,171	1,1	87,74
12,3	-0,195	1,8	87,86



Slika 4 - Polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa na različitim pH vrednostima (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3). Polarizaciona merenja su vršena odmah nakon uranjanja u rastvor, 10mV/s

3.2. Uticaj hlorida

3.2.1. Potencijal otvorenog kola

U puferskim rastvorima boraksa u kojima je koncentracija hloridnih jona $0,05\text{M}$ praćena je promena potencijala otvorenog kola u zavisnosti od promene pH (slika 5.). Primećeno je da sa porastom pH vrednosti potencijal otvorenog kola postaje

negativniji, krećući se u intervalu od $-0,149\text{V}_{\text{zke}}$ do $-0,22\text{V}_{\text{zke}}$. Takođe je primećeno da u rastvorima sa dodatkom NaCl potencijal otvorenog kola ima negativnije vrednosti u odnosu na puferske rastvore boraksa na istim pH vrednostima.

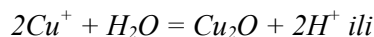
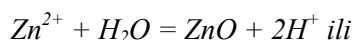
El-Sherif i saradnici [28] posmatrali su promenu potencijala otvorenog kola u rastvorima hlorida različitih koncentracija. Uočili su da potencijal otvorenog kola postaje pozitivniji sa vremenom, a ravnotežnog stanja se uspostavlja za 30 min. Sa porastom koncentracije hlorida ravnotežno stanje se pomera ka negativnijim vrednostima. Milošev i saradnici [27] pratili su promenu potencijala otvorenog kola u boratnim rastvorima sa dodatkom NaCl i primetili da u ovim rastvorima potencijal otvorenog kola ide ka negativnijim vrednostima.

3.2.2. Polarizaciona merenja

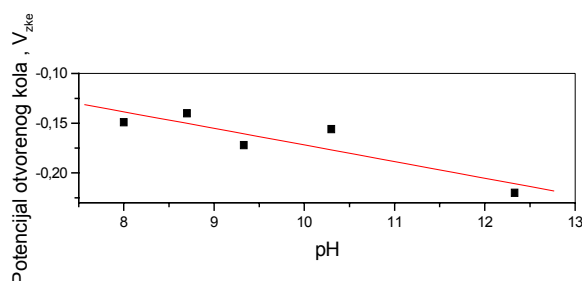
Polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa na različitim pH vrednostima sa dodatkom $0,05\text{M}$ NaCl prikazane su na slici 6. Sa slike 6, generalno se može reći da sa porastom pH vrednosti u intervalu od 8,0 do 10,3 dolazi do pada gustine struje na potencijalima negativnijim od $0,4\text{V}$. Takođe, na polarizacionim krivama snimljenim na $\text{pH}=8,0$ i $9,3$ postoje pikovi A_1 i A_2 koji odgovaraju građenju Cu_2O na površini mesinga. Na $\text{pH}=9,3$ (kriva 3) u širokoj oblasti potencijala ($0,1 - 0,85\text{V}$) nema znatne razlike u gustini struje i pri tim uslovima pasivni sloj na mesingu je najotporniji. Razlog za ovako ponašanje mesinga je najverovatnije što pasivni sloj se sastoji od $\text{ZnO}/\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}(\text{OH})_2$, rastvorljivost ZnO je najmanja na toj pH vrednosti. Sa anodnih polarizacionih krivih uočava se potencijal pitinga (E_b) koji zavisi od pH rastvora, tako što sa porastom pH vrednosti postaje pozitivniji [29].

Milošev sa saradnicima [27] pratio je nastanak produkata korozije u boratnim rastvorima sa dodatkom hloridnih jonova i našao da na površini mesinga Cu_{40}Zn , pri nižim koncentracijama Cl^- , dominantan je ZnO, dok su na višim koncentracijama prisutni i ZnO i Cu_2O . Pored ostalog, detektovali su i pik u okolini $0,0\text{V}_{\text{zke}}$ koji ukazuje na nastanak Cu_2O , što je nađeno i u ovom radu. Mamaš sa saradnicima [12] kao i R.Ravichandran i N.Rajendran [9,10] su vršili polarizaciona ispitivanja mesinga Cu_{30}Zn u $0,1\text{M}$ NaCl i uočili anodni pik koji ukazuje na formiranje stabilnog Cu_2O . Ali, ima i rezultata koji ukazuju da se pored Cu_2O na anodnim polarizacionim krivama mesinga javlja i pik koji odgovara građenju CuCl [13,28].

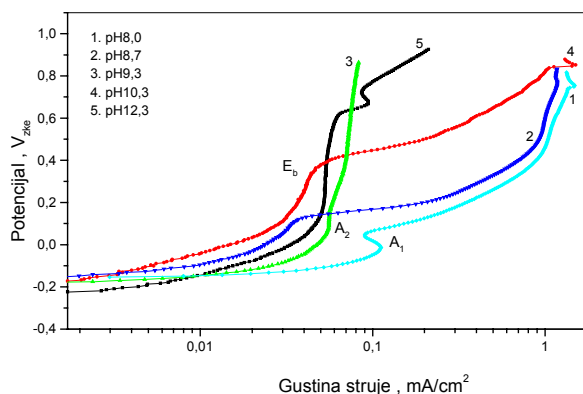
Na osnovu prethodne diskusije može se pretpostaviti da formiranje oksida bakra i cinka na površini mesinga verovatno se odvija prema sledećim jednačinama [9,39]:



Nakon što na površini nastanu ovi oksidi, dolazi do formiranja CuCl:



Slika 5 - Zavisnost potencijala otvorenog kola od pH u rastvorima boraksa sa dodatkom 0,05M NaCl



Slika 6 - Polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa sa 0,05M NaCl na različitim pH vrednostima (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3). Polarizaciona merenja su vršena odmah nakon uranjanja u rastvor, 10mV/s

3.3. Uticaj BTA

3.3.1. Potencijal otvorenog kola

Zavisnost potencijala otvorenog kola od promene pH u rastvorima boraksa sa prethodnim držanjem mesingane elektrode u 0,2% rastvoru BTA prikazana je u tabeli 3.

Tabela 3 - Zavisnost potencijala otvorenog kola od pH (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3) pri različitom vremenu stajanja elektrode u 0,2% rastvoru BTA. Elektroda je stajala u 0,2% rastvoru BTA 5, 15 i 60min

Potencijal otvorenog kola mesinga u boratnim rastvorima nakon stajanja u rastvoru BTA, [V _{zke}]			
pH	5 min	15 min	60 min
8,0	-0,126	-0,125	-0,129
8,7	-0,150	-0,160	-0,159
9,3	-0,167	-0,178	-0,170
10,3	-0,238	-0,224	-0,220
12,3	-0,248	-0,243	-0,243

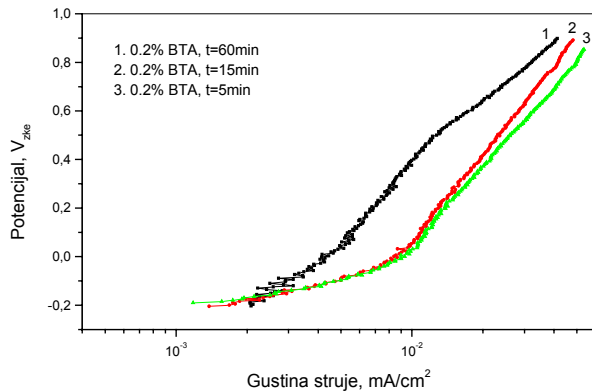
Merenja su pokazala da potencijal otvorenog kola postaje negativniji sa porastom pH vrednosti. Iz tabele 3 se uočava da potencijal otvorenog kola ima približne vrednosti bez obzira da li je elektroda stajala u rastvoru BTA 5min, 15min ili 60min. Ovo može ukazivati da pasivni sloj nagrađen na mesingu koji je izložen dejstvu BTA je isti po sastavu, i da je celokupna površina mesinga pokrivena ovim slojem nakon 5min izlaganja.

3.3.2. Polarizaciona merenja

Polarizaciona krive su snimane nakon stajanja mesingane elektrode u 0,2% rastvoru BTA 5min, 15min i 60min. Kao radni rastvori korišćeni su puferski rastvori boraksa različitih pH vrednosti, a rezultati su prikazani na slikama 7 i 8 i u tabeli 4.

Sa slike 8 se vidi da vreme stajanja elektrode u rastvoru BTA utiče na vrednosti gustina struje. Što je elektroda duže stajala u rastvoru BTA, to je intenzitet gustine struje bio manji tj. najbolji rezultati u pogledu zaštite od korozije dobijeni su nakon stajanja elektrode 60min u rastvoru BTA. Odstupanja koja se javljaju pri kraćem stajanju elektrode (5min i 15min) u rastvoru BTA verovatno su uslovljene formiranjem zaštitnog sloja manje debljine na površini elektrode. Zaštitno dejstvo inhibitora benzotriazola može se tumačiti formiranjem zaštitnog filma koji sadrži benzotriazol [11], koji je stabilan i nerastvoran i karakteriše se formiranjem multislojeva [Cu(I)BTA]_n kompleksa [1,26,31].

Za ispitivanje uticaja pH vrednosti izabrano je vreme stajanja radne elektrode u 0,2% BTA od 60 minuta. Sa polarizacionih krivih se vidi da vrednosti gustine struje raste sa porastom pH (slika 8).



Slika 7 - Polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa sa prethodnim stajanjem elektrode 5min, 15min, 60min u 0,2% rastvor BTA na pH=9,3. Elektroda je stajala u 0,2% rastvor BTA 5, 15 i 60min. Zatim je isprana destilovanom vodom i prenešena u puferski rastvor boraksa na pH=9,3 gde su vršena polarizaciona merenja, 10mV/s

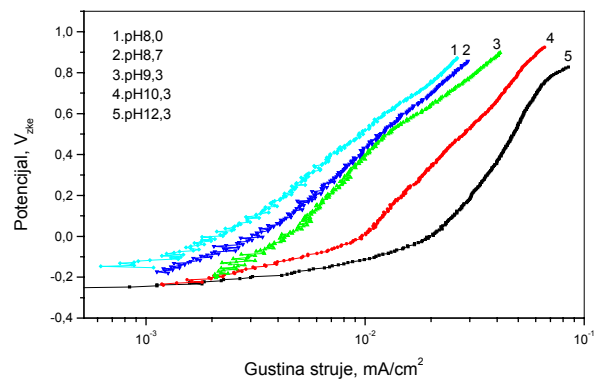
Ovo ukazuje da se slabije zastitno dejstvo BTA ispoljava na visim pH vrednostima najverovatnije zbog toga sto se slabije vezuje za površinu. Mnogi autori [40,41] su nasli da se BTA bolje adsorbuje na površini bakra na visim pH vrednostima, ali njihova ispitavanja su se odnosila do pH=7,5. Usled porasta koncentracije OH⁻ jona, a naročito u oblasti pH 10,3 - 12,3), opada stepen adsorpcije BTA uz građenje hidroksida i oksida na površini mesinga koji nemaju zaštitna svojstva, što dovodi do intenzivnije korozije mesinga u baznijoj sredini. Iz vrednosti stepena pokrivenosti (tabela 4.), koji je izračunavan iz izraza:

$$\theta[\%] = \frac{I_{corr} - I_{corr}(inh)}{I_{corr}} \times 100$$

gde je: I_{corr} – gustina struje u rastvoru bez inhibitora, $I_{corr}(inh)$ – gustina struje u rastvoru sa inhibitorom može se videti da na pH vrednostima 10,3 i 12,3 dolazi do velikog smanjenja površine koja je pod inhibitorom, usled slabije adsorpcije. Stepenn pokrivenosti generalno raste sa porastom vremena stajanja elektrode u 0,2% rastvor BTA. Slično je nađeno i u radu [38].

Tabela 4 - Stepen pokrivenosti u zavisnosti od vremena izlaganja elektrode 0,2% rastvoru BTA na različitim vrednostima pH(8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3) na potencijalu 0,05V_{zke}

t[min]	θ[%]				
	pH 8,0	pH 8,7	pH 9,3	pH 10,3	pH 12,3
5	67,59	75,92	78,08	-	14,75
15	67,46	82,22	79,86	44,61	8,81
60	83,13	85,44	89,2	54,55	30,84

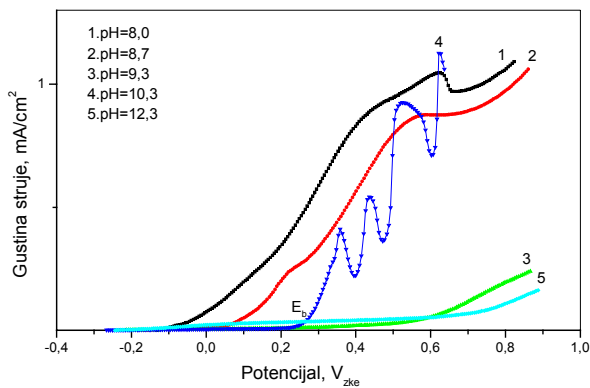


Slika 8 - Polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa na različitim pH vrednostima (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3) sa prethodnim stajanjem elektrode 60min u 0,2% rastvoru BTA. Elektroda je stajala u 0,2% rastvoru BTA 60min. nakon čega je isprana destilovanom vodom i prenešena u puferske rastvore boraksa različitih pH vrednosti, gde su vršena polarizaciona merenja, 10mV/s

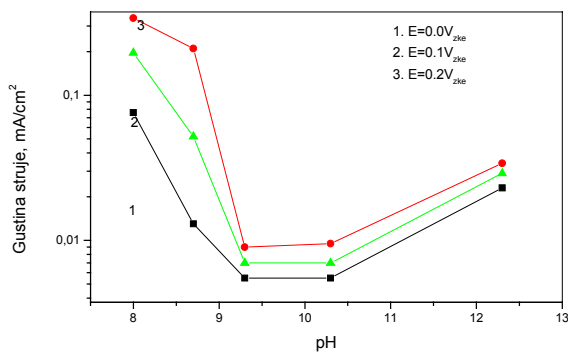
- Hloridi

Posmatran je uticaj BTA na ponašanje mesinga i u puferskim rastvorima boraksa u kojima je koncentracija hlorida iznosila 0,05M. Elektroda je u ovom slučaju držana 15min u 0,2% rastvoru BTA, a zatim su snimane polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa koji je sadržavao hloride, na različitim pH vrednostima (slika 9). Generalno se može reći da gustina struje u intervalu pH 8,0 -9,3 opada, a zatim blago raste (slika 10).

Može se primetiti da do potencijala 0,2 V_{zke} najveće gustine struja su na pH 8,0 i 8,7. Na ovim pH vrednostima samo u okolini potencijala otvorenog kola zaštitni sloj BTA na mesingu ima zaštitnu ulogu. Takođe, do ovog potencijala, ne dolazi do velikog povećanja struje na ostalim pH vrednostima i hloridni joni ne razaraju zaštitni sloj. Polarizaciona kriva snimljena na pH =10,3 ima strujne pikove koji odgovaraju procesima aktivacije/pasivacije. Stepenn pokrivenosti elektrode na različitim pH vrednostima, na potencijalu 0,05V_{zke} prikazan je u tabeli 5, iz koje se vidi da na pH=9,3 stepenn pokrivenosti ima najveću vrednost, što je u saglasnosti sa trendom opadanja gustine struje do te pH vrednosti.



Slika 9 - Polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa sa 0,05M NaCl na različitim pH vrednostima (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3) sa prethodnim stajanjem elektrode 15min. u 0,2% rastvoru BTA. Elektroda je stajala u 0,2% rastvor BTA 15min. posle čega je prana destilovanom vodom i uranjana u puferski rastvor boraksa gde su vršena polarizaciona merenja, 10mV/s



Slika 10 - Zavisnost gustine struje od pH u puferskim rastvorima boraksa sa dodatkom hlorida na potencijalima 0,0V_{žke}, 0,1V_{žke} i 0,2V_{žke}

Tabela 5 - Stepen pokrivenosti elektrode u rastvorima boraksa na različitim vrednostima pH (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3) nakon stajanja 15min. u rastvoru 0,2% BTA

		θ[%]				
t[min]	pH8	pH 8,7	pH 9,3	pH 10,3	pH 12,3	
15	-	36,76	88,4	70,5	35,95	

- Koncentracije BTA

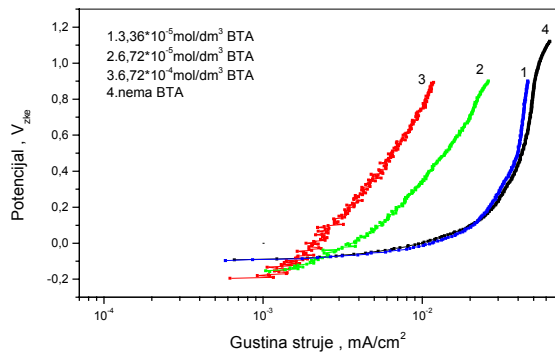
Pored posmatranja uticaja BTA stajanjem elektrode u 0,2% rastvor BTA, uticaj ovog inhibitora na elektrohemijsko ponašanje mesinga posmatran je i u puferskim rastvorima koji su sadržavali BTA različitih koncentracija ($3,36 \cdot 10^{-5}$ mol/dm³, $6,72 \cdot 10^{-5}$ mol/dm³, $6,72 \cdot 10^{-4}$ mol/dm³).

Tabela 6 - Stepen pokrivenosti mesinga u zavisnosti od koncentracije BTA ($3,36 \cdot 10^{-5}$, $6,72 \cdot 10^{-5}$, $6,72 \cdot 10^{-4}$ mol/dm³) na različitim vrednostima pH (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3) na potencijalu 0,05V_{žke}

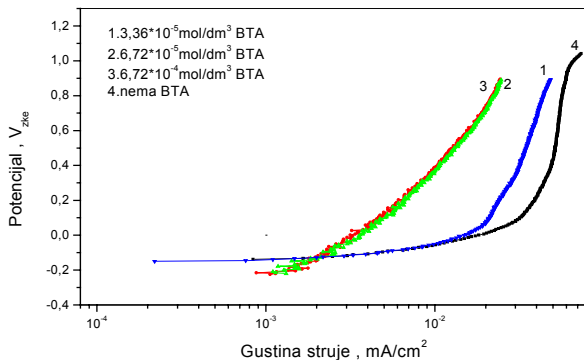
		θ[%]				
C _{BTA} , mol/dm ³	pH 8	pH 8,7	pH 9,3	pH 10,3	pH 12,3	
$3,36 \cdot 10^{-5}$	-	24,86	80,11	39,18	9,42	
$6,72 \cdot 10^{-5}$	69,99	82,45	89,12	51,8	-	
$6,72 \cdot 10^{-4}$	84,46	84,52	89,04	79,20	11,69	

Polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa sa različitim koncentracijama BTA na posmatranim pH vrednostima prikazane su na slici 11. Vidi se da na najnižoj posmatranoj pH vrednosti (slika 11a) rastvor BTA koncentracije $3,36 \cdot 10^{-5}$ mol/dm³ nije pokazivao značajniji uticaj na gustinu struje, dok su rastvori koncentracija $6,72 \cdot 10^{-5}$ i $6,72 \cdot 10^{-4}$ mol/dm³ imali uticaj na smanjenje gustine struje. Na pH=8,7 (slika 11b) rastvor sa najmanjim sadržajem BTA nije imao uticaj na gustinu struje na nižim vrednostima potencijala, a rastvori sa većim sadržajem BTA pokazali su gotovo isti uticaj na gustinu struje. Na pH=9,3 (slika 11c) gustina struje opada sa porastom koncentracije inhibitora, a na pH=10,3 (slika 11d) samo najveća koncentracija inhibitora ima uticaj. Na pH=12,3 (slika 11e) nijedna koncentracija BTA nije ispoljila značajnije dejstvo na smanjenje gustine struje.

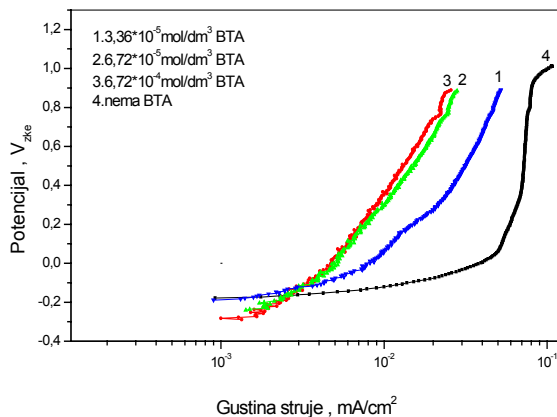
Iz napred rečenog sledi da inhibitorsko delovanje BTA u području pH 8,0 -9,3 je slično, a da stepen pokrivenosti mesinga (tabela 6.) pokazuje na pH 9,3 maksimalno dejstvo ovog inhibitora u ispitivanoj oblasti kiselosti. Iz tabele 6 se vidi da pri najvećoj koncentraciji inhibitora stepen pokrivenosti na pH 10,3, takodje nije mali. Na višim pH vrednostima inhibitorsko svojstvo BTA slabi usled adsorpcije OH⁻ jona. Xue et al [42] su ispitivali rast Cu-benzotriazololata na bakru u širokom opsegu kiselosti (pH=2,0 – 12) pri čemu su našli da debljina i rastvorljivost filma zavise od pH. U intervalu pH 2-7 najveća je debljina nagrađenog filma, ali je i najveća rastvorljivost. U intervalu 7,0-9,0 benzo-triazololati film je najtanji, ali ima i najmanju rastvorljivost što doprinosi dobroj zaštiti bakra od oksidacije. Oni su još našli da na pH 12 raste debljina kao i rastvorljivost sloja u odnosu na te veličine na nižim pH vrednosti. To sve ukazuje da se na pH 12 ne može očekivati dobro inhibitorsko svojstvo BTA, što je u saglasnosti sa rezultatima prikazanim u ovom radu.



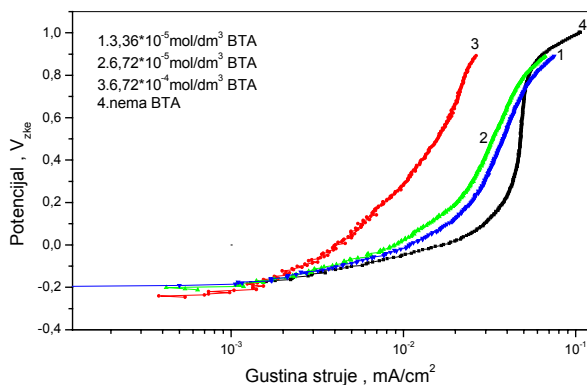
a) pH=8,0



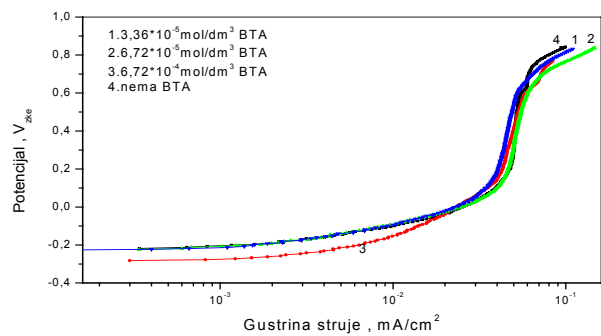
b) pH=8,7



c) pH=9,3



d) pH=10,3



e) pH=12,33

Slika 11 - Polarizacione krive mesinga u puferkim rastvorima boraksa sa različitim koncentracijama BTA ($3,36 \cdot 10^{-5}$; $6,72 \cdot 10^{-5}$; $6,72 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$) na posmatranim vrednostima pH (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3). Polarizaciona merenja su vršena odmah nakon uranjanja elektrode u puferne rastvore boraksa sa različitim koncentracijama BTA na različitim pH vrednostima, 10mV/s

Uticaj koncentracije BTA u prisustvu hloridnih jona

Praćen je i efekat različitih koncentracija BTA u puferkim rastvorima boraksa u kojima je koncentracija hlorida iznosila $0,05 \text{ mol/dm}^3$. Koncentracija BTA je bila kao i u prethodnim ispitivanjima. Polarizacione krive mesinga u puferkim rastvorima boraksa koji su sadržavali hloride i različite koncentracije BTA na posmatranim pH vrednostima prikazane su na slici 12. Na pH=8,0 (slika 12a) rastvori BTA koncentracija $3,36 \cdot 10^{-5}$ i $6,72 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ nisu pokazali uticaj na smanjenje gustine struje, dok je rastvor BTA koncentracije $6,72 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ uzrokovao značajniji pad gustine struje. Sa slike 12b se vidi da na pH=8,7 rastvor BTA najmanje koncentracije nema značajnijeg uticaja na smanjenje gustine struje, a preostala dva rastvora BTA pokazala su veći uticaj na smanjenje gustine struje. Na pH=9,3 (sl.12c) rastvor BTA najniže koncentracije nema velikog uticaja na pad gustine struje, ali su rastvori BTA koncentracija $6,72 \cdot 10^{-5}$ i $6,72 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ispoljila značajno dejstvo. Može se reći da na toj pH vrednosti najbolje je dejstvo ispitivanog inhibitora jer pri polarizaciji mesinga nađene se male gustine struja u širokom opsegu potencijala. Na pH vrednosti 10,3 (sl.12d) nijedan rastvor nije pokazao značajniji uticaj na smanjenje gustine struje, sem u opsegu potencijala od korozionog do $0,2V_{zke}$ u kome je gustina struje bila manja od $10 \mu\text{A/cm}^2$, pri čemu je najveći uticaj na smanjenje ispoljio rastvor sa najvećim sadržajem BTA.

Sa slike 11e se uočava da na pH=12,3 koncentracija inhibitora skoro da nije imala uticaja na smanjenje gustine struje, pri čemu su svi rastvori BTA pokazali slabo, gotovo identično dejstvo. Na

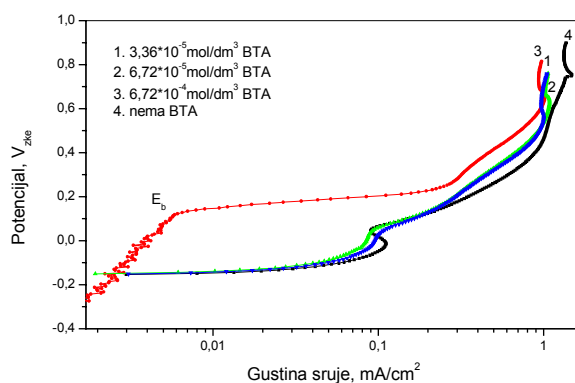
osnovu ovoga može se zaključiti da na pH vrednostima 8,0, 8,7 i 9,3 raste uticaj koncentracije BTA na zaštitna svojstva Cu-BTA filma u skladu sa porastom alkalnosti. Na pH vrednostima 10,3 i 12,3 uticaj koncentracije BTA opada i skoro nema nikakv uticaj na pH 12,3.

Sve je ovo u skladu sa već diskutovanim rezultatima o uticaju koncentracije BTA na različitim pH vrednostima, kao i rezultatima Xue et al [42].

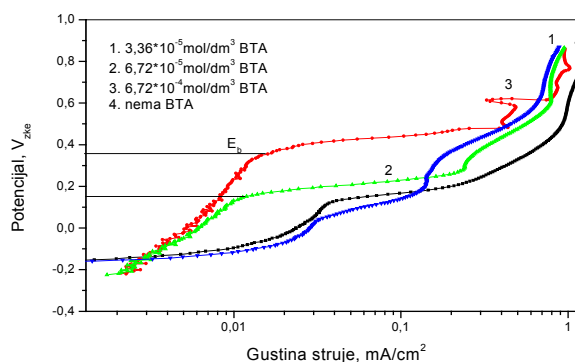
Ali, za razliku od rastvora BTA gde nisu prisutni hloridni joni (slika 11), u rastvorima sa ovim jonima (slika 12) sa krivih polarizacije uočavaju se potencijali na kojima dolazi do proboja zaštitnog filma na mesingu usled dejstva hloridnih jona. Vide se sa porastom pH u intervalu 8,0 -9,3 ti potencijali se pomeraju ka pozitivnijim vrednostima. Tako na primer na pH =8,0 za koncentraciju BTA od $6,72 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ vrednost potencijal pitinga je 0,313 V vs ZKE, a za istu tu koncentraciju na pH =8,7 je 0,360 vs ZKE, dok na pH =9 se ne javlja potencijal proboja u ispitivanom opsegu potencijala (do 0,9V vs ZKE). Na pH =10,3 potencijal pitinga 0,315 V vs ZKE. Sve ovo, takođe, ukazuje da zaštitno svojstva BTA sloja na mesingu su najbolja u intervalu pH 8,0 – 9,33, što se može uglavnom videti i preko stepena pokrivenosti (Tabela 7). Pomeranje pitinga ka pozitivnijim vrednostima je nađeno i u radu [26]. Mora se, takođe, napomenuti da se vide izvesne razlike u ponašanju mesinga na kome se formirao sloj Cu-BTA stajanjem elektrode u rastvoru 0,2% BTA, i mesinga koji se nalazio u rastvorima sa odgovarajućim koncentracijama BTA. Kod prvog slučaja, prilikom porasta pH rastvora smanjuje se stabilnost Cu-BTA filma u celom opsegu pH, a u drugom slučaju, gde se u rastvoru u kome se izvodi polarizacija direktno stvara zaštitni sloj, otpornost nagrađenog filma prvo raste (pH 8,0 – 9,3), a zatim opada sa porastom pH. Ova razlika verovatno potiče usled različitih uslova formiranja zaštitnog sloja Cu-BTA.

Tabela 7 - Stepen pokrivenosti mesinga u zavisnosti od koncentracije BTA ($3,36 \cdot 10^{-5}$; $6,72 \cdot 10^{-5}$; $6,72 \cdot 10^{-4}$) na različitim vrednostima pH (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3) sa dodatkom 0,05M NaCl rastvoru na potencijalu $0,05V_{zke}$

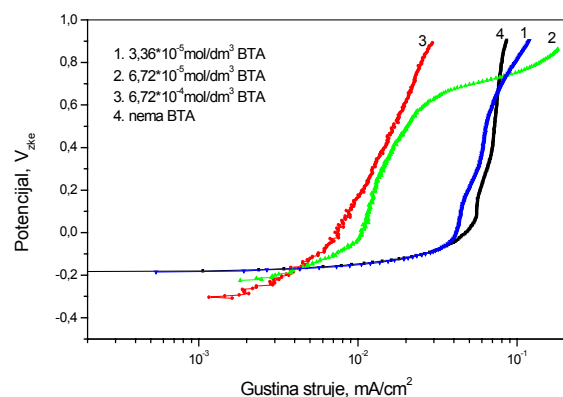
C[mol/dm ³]	θ [%]				
	pH 8,0	pH 8,7	pH 9,3	pH 10,3	pH 12,3
$3,36 \cdot 10^{-5}$	-	-	19,45	10,13	23,97
$6,72 \cdot 10^{-5}$	-	75,08	79,02	37,83	30,81
$6,72 \cdot 10^{-4}$	94,86	78,74	85,12	63,44	30,08



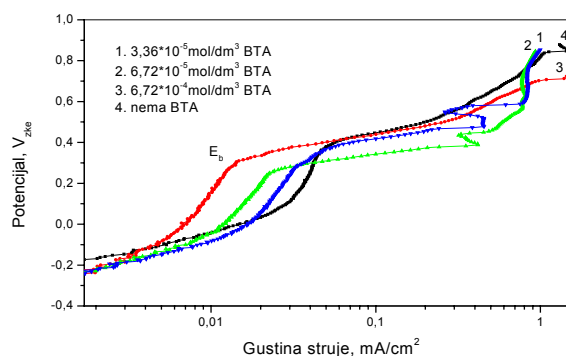
a) pH=8,0



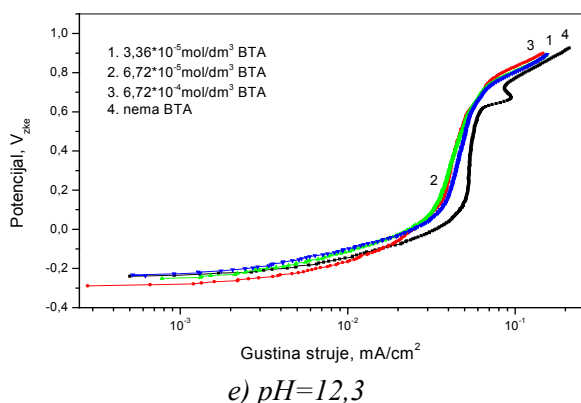
b) pH=8,7



c) pH=9,33



d) pH=10,3



Slika 12 - Polarizacione krive mesinga u puferskim rastvorima boraksa sa 0,05M NaCl i različitim koncentracijama BTA ($3,36 \cdot 10^{-5}$; $6,72 \cdot 10^{-5}$; $6,72 \cdot 10^{-4}$ mol/dm³) na posmatranim vrednostima pH (8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3). Polarizaciona merenja su vršena odmah nakon uranjanja elektrode u puferske rastvore boraksa sa dodatkom hlorida i različitim koncentracijama BTA na različitim pH vrednostima, 10mV/s

R. Ravichandran, N. Rajendran [9,10] vršili su elektrohemijaska ispitivanja mesinga Cu35Zn u 3% rastvoru NaCl sa dodatkom BTA i njegovih derivata DBME i BTEA. Ispitivanja su vršena sa različitim koncentracijama inhibitora. Autori su sa polarizacionih krivih videli da gustina struje opada sa porastom koncentracije inhibitora, što je i potvrđeno u ovom radu. Efikasnost inhibitora raste sa porastom koncentracije, pri čemu je najveća pokrivenost površine mesinga pri optimalnoj koncentraciji BTA. Mamaš i drugi [12] pratili su elektrohemijasko ponašanje mesinga u 0,1M rastvoru NaCl sa dodatkom rastvora BTA koncentracijama $1,2 \cdot 10^{-4}$ i $2,7 \cdot 10^{-2}$ M. Uočili su da rastvor BTA koncentracije $1,2 \cdot 10^{-4}$ M formira zaštitni film koji sprečava rastvaranje mesinga do $-0,2V_{zke}$, dok je rastvor BTA veće koncentracije gradio stabilniji zaštitni sloj na površini mesinga, koji je sprečavao rastvaranje mesinga do $0,6V_{zke}$. Nakon ove vrednosti potencijala dolazi do razaranja zaštitnog filma na površini koji ne može da se regeneriše na višim potencijalima. Takođe su zaključili da rastvor BTA veće koncentracije bolje štiti površinu mesinga zato što gradi deblji zaštitni sloj. Nagiub [19] je posmatrao uticaj BTA na elektrohemijasko ponašanje mesinga u 3% rastvoru NaCl i sintetičkoj morskoj vodi. Primetio je da prisustvo BTA u 3% NaCl pomera vrednosti potencijala otvorenog kola ka pozitivnijim vrednostima, kao i da gustina struje opada sa porastom vremena izloženosti elektrode inhibitoru. V. Otieno-Alego sa saradni-

cima [11] pratio je ponašanje mesinga Cu40Zn u 0,5M rastvoru H₂SO₄ na 30°C u prisustvu rastvora BTA i njegovog derivata BTLY različitim koncentracijama, i primetio da sa porastom koncentracije rastvora BTA do $5 \cdot 10^{-4}$ M dolazi do rasta efikasnosti inhibitora. Nakon daljeg porasta koncentracije rastvora inhibitora efikasnost opada. Posmatran je i uticaj pH na efikasnost BTA, i uočeno je da sa porastom pH raste i efikasnost inhibitora u intervalu pH od 0,0 do 8,0. Sa polarizacionih krivih se vidi da sa porastom koncentracije inhibitora opada gustina struje. Antonijević sa saradnicima [38] je pratio elektrohemijasko ponašanje mesinga u boratnim rastvorima sa dodatkom rastvora BTA različitim koncentracijama. Primetio je da potencijal otvorenog kola postaje pozitivniji sa smanjenjem koncentracije BTA, i sa vremenom izloženosti 0,2% rastvoru BTA. Sa polarizacionih krivih vidi se da gustina struje opada sa porastom koncentracije inhibitora, takođe se vidi da nema pikova koji odgovaraju građenju oksida bakra na površini mesinga. To potvrđuju i rezultati dobijeni u ovom radu. Stepennost pokrivenosti raste sa porastom koncentracije BTA i ima najveću vrednost na $0,1V_{zke}$, a sa daljim porastom potencijala dolazi do opadanja stepena pokrivenosti. Antonijević smatra da na višim potencijalima Cu(I) u zaštitnom filmu prelazi u više oksidaciono stanje, što utiče na stabilnost zaštitnog filma i dovodi do opadanja stepena pokrivenosti. Takođe, uočio je da dolazi do pada gustine struje sa porastom vremena stajanja u 0,2% rastvoru BTA. Slično je nađeno i u ovom radu.

3.4 Adsorpcione izoterme

Smatra se da je adsorpcija inhibitora na površini metala najbitniji stupanj u mehanizmu inhibicije [21]. Koristeći podatke sa slike 11 i iz tabele 6 dobili smo pokrivenost površine legure u zavisnosti od koncentracije inhibitora što je i prikazano na slici 13. Lengmirovu adsorpcionu izoterme dobijamo iz relacije:

$$\frac{\theta}{1-\theta} = AC \exp\left(\frac{-\Delta G}{RT}\right) = KC$$

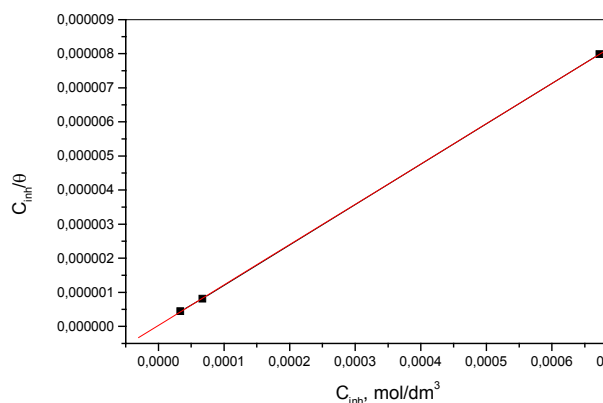
gde je: θ stepennost pokrivenosti, ΔG adsorpciona energija, C koncentracija, K konstanta adsorpcionog procesa.

Osnovna jednačina se transformiše u:

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K} + C$$

Konstantu adsorpcionog procesa određujemo iz izraza:

$$K = \frac{I}{55,5} \exp\left(-\frac{\Delta G}{RT}\right)$$



Slika 13 - Lengmirova adsorpciona izoterma na pH=9,3

Tabela 8 - Vrednosti adsorpcione energije na različitim vrednostima pH(8,0; 8,7; 9,3; 10,3; 12,3)

pH	ΔG [kJ/mol]
8,7	-44,94
9,3	-51,86
10,3	-43,30
12,3	-38,66

Vrednosti adsorpcione energije na različitim pH vrednostima date su u tabeli 8. Negativne vrednosti adsorpcione energije ukazuju na to da se BTA spontano i snažno adsorbuje na površini mesinga. Takođe vrednosti pozitivnije od -40kJ/mol ukazuju na jaku hemisorpciju, dok vrednosti negativnije od -40kJ/mol pokazuju da dolazi do formiranja slojeva zaštitnog filma na površini mesinga [22]. A.Asan i saradnici [21] pratili su mehanizam adsorpcije BTA na površini mesinga i došli do zaključka da se inhibitor adsorbuje po Lengmirovoj izotermi. Do istog zaključka je došao i M. Mihit sa saradnicima [22].

4.0. ZAKLJUČAK

U boratnim rastvorima potencijal otvorenog kola ide od -0,088V_{zke} do -0,195V_{zke}. Sa anodnih polarizacionih krivih na pH=8,0; 8,7; 9,3 uočavaju se tri pika A₁, A₂, A₃ respektivno koji ukazuju na građenje Cu₂O na površini mesinga. Potencijal pitinga postaje negativniji sa porastom pH.

Potencijal otvorenog kola u rastvorima boraksa sa dodatkom hlorida ima negativnije vrednosti u odnosu na rastvore boraksa bez hlorida na istim pH vrednostima. Sa anodnih polarizacionih krivih uočavaju se dva pika koji odgovaraju građenju Cu₂O na površini elektrode. Pasivni sloj na površini mesinga bio je najotporniji na pH=9,3. Piting potencijal zavisi od pH rastvora, i postaje pozitivniji sa porastom pH vrednosti.

Potencijal otvorenog kola ima približne vrednosti bez obzira da li je elektroda stajala 5, 15 ili 60min. u 0,2% rastvor BTA. Celokupna površina mesinga bila je pokrivena zaštitnim slojem nakon 5min. Što je elektroda duže stajala u rastvor BTA to je gustina struje bila manja. Sa porastom pH rastvora raste i gustina struje. Stepenn pokrivenosti mesinga generalno raste sa porastom vremena stajanja elektrode u 0,2% rastvor BTA.

Gustina struje, u puferskim rastvorima boraksa sa dodatkom hlorida i sa prethodnim stajanjem elektrode 15min. u 0,2% rastvoru BTA, u pH intervalu od 8,0 do 9,3 opada, a zatim blago raste. Na pH=8,0 i 8,7 BTA ima zaštitnu ulogu oko vrednosti potencijala otvorenog kola.

Generalno, gustina struje opada sa porastom koncentracije inhibitora. Inhibitorsko delovanje BTA je slično u intervalu pH 8,0 – 9,3, pri čemu pokazuje maksimalno dejstvo na pH=9,3. Stepenn pokrivenosti raste u intervalu pH od 8,0 do 9,3, a zatim opada sa daljim povećanjem alkalnosti.

Adsorpcija inhibitora na površini mesinga odvija se prema Lengmirovoj adsorpcionoj izotermi. Adsorpcija se odvija spontano, uz formiranje slojeva zaštitnog filma na površini mesinga.

LITERATURA

- [1] R. Ravachandran, N. Rajendran, Applied Surface Science 241 (2005) 449-458
- [2] Yun M. Chung, Min J. Jung, sang J. Lee, Jeon G. Han, Chang G. Park, Seung H. Ahn, Jung G. Kim, Surface & Coatings Technology 188-189 (2004) 473-477
- [3] Jin-Yun Zou, Di-Hua Wang, Wan-Chuan Qiu, Electrochimica Acta vol 42 (1997) 1733-1737
- [4] X. Luo, J. Yu, Corrosion Science vol 38 (1996) 767-780
- [5] V. L'Hostis, C. Dagbert, D. Féron, Electrochimica Acta 48 (2003) 1451-1458
- [6] J. Morales, G. T. Fernandez, S. Gonsales, P. Esparza, R. C. Salvarezza, A. J. Arvia, Corrosion Science vol 40 (1998) 177-190

- [7] I. K. Marshakov, Protection of Metals vol 41 (2005) 205-210
- [8] Gamal A. El-Mahdy, Journal of Applied Electrochemistry (2005) 35:347-353
- [9] R. Ravichandran, N. Rajendran, Applied Surface Science 239 (2005) 182-192
- [10] R. Ravichandran, S. Nanjunden, N. Rajendran, Applied Surface Science 236 (2004) 241-250
- [11] V. Otieno-Alego, G. A. Hope, T. Notoya, D. P. Schweinsberg, Corrosion Science vol 38 (1996) 213-223
- [12] S. Mamaş, T. Kiyak, M. Kabasakaloğlu, A. Koc, Materials Chemistry and physics 93 (2005) 41-47
- [13] M. Kabasakaloğlu, T. Kiyak, O. Şendil, A. Asan, Applied Surface Science 193 (2002) 167-174
- [14] B.-S. Kim, T. Piao, S. N. Hoier, S.-M. Park, Corrosion Science vol 37 (1995) 557-570
- [15] Ch. Kleber, M. Schreiner, Corrosion Science 45 (2003) 2851-2866
- [16] K. Habib, Optics and Lasers in Engineering 33 (2000) 1-13
- [17] K. W. Gao, W. Y. Chu, H. L. Li, Y. P. Liu, L. J. Qiao, Materials Science and Engineering A 371 (2004) 51-56
- [18] S. A. Abd El-Maksoud, Electrochimica Acta 49 (2004) 4205-4212
- [19] A. Nagiub, F. Mansfeld, Corrosion Science 43 (2001) 2147-2171
- [20] Y. Abed, M. Kissi, B. Hammouti, M. Taleb, S. Kertit, Progress in Organic Coatings 50 (2004) 144-147
- [21] A. Asan, M. Kabasakaloğlu, M. Isiklan, Z. Kilic, Corrosion Science 47 (2005) 1534-1544
- [22] M. Mihit, S. El Issami, M. Boukah, L. Bazzi, B. Hammouti, E. Ait Addi, R. Salghi, S. Kertit, Applied Surface Science (2005)
- [23] T. C. Chou, Journal of Materials Science (1998) 3585-3590
- [24] Nizar Bellakhal, Khalid Draou, Jean-Louis Brisset, Materials Chemistry and Physics 73 (2002) 235-241
- [25] L. Burzyńska, A. Maraszewska, Z. Zembura, Corrosion Science vol 38 (1996) 337-347
- [26] Aboubakr M. Abdullah, faiza M. Al-Kharafi, Badr G. Ateya, Scripta Materialia 54 (2006) 1673-1677
- [27] Ingrid Milošev, Tadeja Kosec Mikić, Miran Gaberšček, Electrochimica Acta
- [28] Rabab M. El-Sherif, Khaled M. Ismail, Waheed A. Badawy, Electrochimica Acta 49 (2004) 5139-5150
- [29] M. G. Alvarez, P. Lapitz, S. A. Fernández, J. R. Galvele, Corrosion Science 47 (2005) 1643-1652
- [30] Gregory V. Korslin, John F. Ferguson, Alice N. Lancaster, Corrosion Science 42 (2000) 449-458
- [31] D. Tromans, J. C. Silva, Corrosion 52 (1997) 16
- [32] S. A. Abd El-Maksoud, Electrochimica Acta 49 (2004) 4205-4212
- [33] G. Kear, B. D. Barker, F. C. Walsh, Corrosion Science 46 (2004) 109-135
- [34] A. Igual Munoz, J. Garcia Antón, J. L. Guiñón, V. Pérez Herranz, Electrochimica Acta 50 (2004) 957-966
- [35] Chang-Gyu Park, Jung-Gu Kim, Yun-Mo Chung, Jeon-Geon Han, Seung-Ho Ahn, Chang-Hee Lee, Surface & Coatings Technology 2005
- [36] T. Tüken, B. Yazici, M. Erbil, Surface & Coatings Technology 2005
- [37] Waheed A. Badawy, Khaled M. Ismail, Ahlam M. Fathi, Electrochimica Acta 50 (2005) 3603-3608
- [38] M. M. Antonijević, S. M. Milić, S. M. Šerbula, G. D. Bogdanović, Electrochimica Acta 50 (2005) 3693-3701
- [39] T. M. H. Saber, A. A. El Warraky, Brit. Corros. J. 26 (1991)279
- [40] M. M. Musiani and G. Mengoli, M. Fleischmann and R. B. Lowry, Journal of Electroanalytical Chemistry, 217(1987)187
- [41] L. Tommesani, G. Brunoro, A. Frignani, C. Monticelli, M. Dalcollet, Corrosion Science, 39(1997)1221
- [42] G. Xue, J. Ding, P.Cheng, Applied Surface Science 89(1995)77

ABSTRACT

ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF BRASS IN PRESENCE OF BENZOTRIAZOLE - INFLUENCE OF pH AND CHLORIDE IONS

In the paper, investigation of electrochemical behavior of brass in borate solutions ($pH = 8.0 - 12.3$) in presence of benzotriazole are presented. Influence of exposure time of brass in BTA solution, pH solutions, concentrations of BTA and chloride ions on electrochemical characteristics of the brass are investigated. Measurement of open circuit potential and linear polarization were used for the investigation.