

ZORAN AVRAMOVIĆ  
MILAN ANTONIJEVIĆ  
ĐORĐE PETROVIĆ

Originalni naučni rad  
UDC:620.192.42-936.46:669.35'4/193=861

## Inhibitori koroziije mesinga u rastvorima hloridnih jona

*U ovom radu dati su rezultati ispitivanja korozionog ponašanja mesinga CuZn-28, sa pet stepeni deformacije, u kiselo-sulfatnom rastvoru, u prisustvu hloridnih jona, u koncentracijama od  $5 \cdot 10^{-1}$  i 1.0M. Efekat površinski aktivnih supstanci, kao što su: tiourea (TU), benzotriazol (BTA), etilen-diamin-tetra-sirćetna kiselina (EDTA), hidrazin-sulfat (HS) i 2-butin-1,4 diol (DS-3), na koroziorno ponašanje ispitivanih uzoraka mesinga, diskutovano je na osnovu vrednosti gustina korozionih struja i stepena inhibiranja. Nađeno je da u rastvorima hloridnih jona, pri koncentraciji ispitivanih inhibitora koroziije od  $10^{-2}\%$ , inhibitorski efekat pokazuje samo tiourea. Povećanje koncentracije inhibitora koroziije na  $10^{-1}\%$  ukazuje da, osim inhibitora tiouree, izrazit inhibitorski efekat pokazuje i benzotriazol, pri čemu se vrednosti stepena inhibiranja kreću oko 97%. Ostali inhibitori koroziije ne pokazuju inhibitorski efekat na proces koroziije mesinga, ni u povećanim koncentracijama, već se može govoriti o njihovom aktivatorskom efektu. Stepem deformacije mesinga nema bitnijeg uticaja na vrednosti stepena inhibiranja.*

**Ključne reči:** mesing, polarizacija, decinkacija, inhibitor, stepen inhibiranja

### UVOD

Proces decinkacije predstavlja jedan vid selektivne koroziije, koji se odlikuje korozionim napadom samo na određene strukturne konstituente. Kada postoje dve ili više faza izrazito različitog sastava u jednoj leguri, postoji mogućnost da jedna od njih podlegne selektivnom napadu. Decinkacija predstavlja selektivno uklanjanje cinka iz legura mesinga, ostavljajući porozni ostatak bogat metalnim bakrom, slabe mehaničke čvrstoće.

Literaturni pregled mehanizma decinkacije pruža dobru osnovu za razumevanje različitih aspekata decinkacije i procesa inhibiranja [1, 2, 3]. Rezultati anodne polarizacije mesinga u rastvoru  $10^{-1}$ M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sa različitim koncentracijama Cl<sup>-</sup>jona, na pH-vrednosti 1.5 - 3.5, prikazani su u radovima [4, 5]. Pri konstantnoj kiselosti i koncentracijama hloridnih jona manjim od  $10^{-2}$ N, koroziija mesinga je veoma mala, dok pri višim koncentracijama hloridnih jona polarizacione krive pokazuju prisustvo anodnog rastvaranja. Kod pojedinih autora [4,6,7,8] određena koncentracija hloridnih jona ( $8 \cdot 10^{-3}$ M) u neutralnim amonijačnim rastvorima

ima inhibitorski efekat na proces koroziije mesinga. Later, Uhlig i koautori [5] su ispitivali inhibitorski efekat hloridnih jona na proces koroziije mesinga 63Cu-37Zn i pronašli da je optimalna koncentracija hlorida za inhibiranje procesa koroziije  $4 \cdot 10^{-2}$ N. Dosadašnja istraživanja u oblasti koroziije bakra i legura bakra, dala su određene rezultate i pokazala koje materije i pod kojim uslovima imaju inhibitorsko dejstvo prema koroziiji. Često korišćen inhibitor koroziije bakra u kiseloj i alkalnoj sredini je BTA. BTA je efikasan inhibitor koroziije bakra i mesinga od atmosfere koroziije. Najmanja koncentracija inhibitora za zaštitu bakra u različitim rastvorima je 0.05%, a za zaštitu bakra u kontaktu sa čelikom je 0.1% [13]. BTA se koristi kao inhibitor koroziije bakra i aluminijuma u tečnim detergentima. Na površini bakra i mesinga BTA formira zaštitni Cu-BTA film [9]. Sayed i ostali [10, 11] ispitivali su efekat BTA na koroziiju  $\alpha$ -mesinga izloženog nitratnom rastvoru i pronašli da prisustvo inhibitora BTA usporava proces rastvaranja mesinga i podstiče formiranje filma bakar oksida na njegovoj površini. Ocena efekta inhibiranja BTA na bakar, cink i mesing, izloženih dejstvu sumporne kiseline, upućuje na zaključak da je BTA dobar inhibitor za mesing i bakar, ali ne i za čisti cink [12]. Mesing ima široku upotrebu u različitim industrijskim operacijama i ispitivanje koroziije i

Adresa autora: Zoran Avramović, Institut za bakar, Zeleni bulevar 35, Bor, Milan Antonijević, Tehnički fakultet, VJ 12, Bor, Đorđe Petrović, TiR, Bor, Đorđa Vajferta 1

inhibiranja mesinga je predmet mnogih istraživanja. BTA, tiourea, hidrazin-sulfat, DS-3 i EDTA, upotrebljavaju se kao veoma efikasni inhibitori u kiselim rastvorima [9-13]. Inhibitor DS-3 je inhibitor korozije gvožđa i čelika u rastvorima hlorigovodonične kiseline, sa stepenom inhibiranja od 93%, dok je inhibitor HS dobar inhibitor korozije čelika i bakra u azotnoj kiselini i alkalnim rastvorima, pri čemu stepen inhibiranja dostiže vrednost od 73% do 100% [13]. Kao dobar inhibitor korozije crnih metala i bakra u kiselinama (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>) koristi se tiourea, sa stepenom inhibiranja od 65% do 98%, što zavisi od koncentracije inhibitora [1,13]. Interes ispitivanja je fokusiran na utvrđivanje uticaja navedenih inhibitora korozije na koroziono ponašanje hladno-deformisanih uzoraka mesinga u kiselom rastvoru natrijum-sulfata, uz dodatak hloridnih jona.

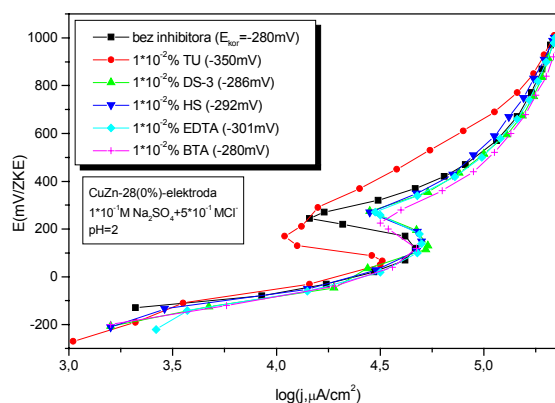
#### EKSPERIMENTALNI DEO

Uzorci ispitivanog mesinga, laboratorijski proizvedeni, bili su sledećeg hemijskog sastava: Cu-71.90% (čistoće 99.997%), Zn-27.92% (čistoće 99.85%), ostalo-0.18%. Uzorci su deformisani do sledećih stepena deformacije: 0, 20, 40, 60 i 80% i zatopljeni u hladno-polimerizujući akrilat. Deformacije su izvedene u laboratorijskim uslovima hladnim valjanjem uzoraka između dva paralelna valjka, pri čemu se deformacija prostire po celoj visini uzorka, u svim pravcima. Kao uporedni uzorak korišćena je nedeformisana elektroda bakra. Uzorci za elektrohemijaska merenja imali su konstantnu površinu od  $P=0.38\text{cm}^2$ . Pre svakog polarizacionog merenja uzorci su polirani na šmirgl-papiru finoće #1000 i glinici, isprani destilovanom vodom i etilalkoholom. Zasićena kalomelska elektroda (ZKE) i platinska žica upotrebljene su kao referentna, odnosno, kontra elektroda, dok je mesing imao funkciju radne elektrode, u klasičnoj troelektrodnoj elektrohemijaskoj ćeliji. Sve vrednosti potencijala, na prikazanim polarizacionim krivama, date su u odnosu na zasićenu kalomelsku elektrodu. Radni elektrolit je bio  $10^{-1}\text{M}$  rastvor Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sa koncentracijama hloridnih jona od  $5 \cdot 10^{-1}\text{M}$  i  $1.0\text{M}$ . Koncentracije upotrebljenih inhibitora korozije, BTA, TU, EDTA, HS i DS-3 u radnim rastvorima, iznosile su:  $10^{-2}\%$  i  $10^{-1}\%$ . Rastvori su pripremani od visoko čistih hemikalija sa destilovanom vodom. pH-vrednost rastvora podešavana je  $10^{-1}\text{M}$  rastvorom H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Radna temperatura iznosila je 20<sup>0</sup>C, pri čemu se radilo u otvorenoj atmosferi. Polarizaciona merenja vršena su od potencijala otvo-

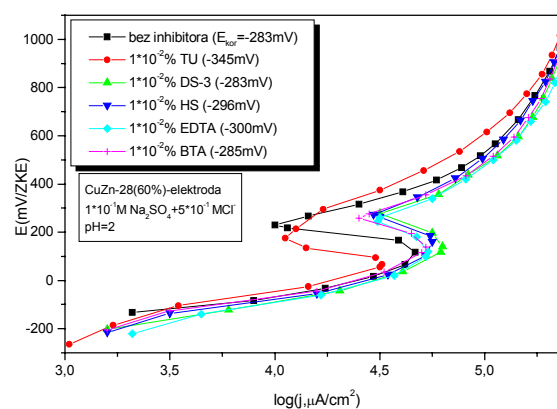
renog kola do potencijala od 1000mV(ZKE), brzinom polarizacije od 10mV/s, metodom linearne polarizacije. Gustine korozionih struja određivane su aproksimacijom pravog dela Tafelovih nagiba do preseka sa korozionim potencijalom, u oblasti od korozionog potencijala do 200mV (ZKE). Step en inhibiranja (P), određivan je na osnovu jednačine:  $\%P=(i-i_0)/i \cdot 100$ , gde su "i" i "i<sub>0</sub>" vrednosti gustina korozionih struja bez i uz dodatak inhibitora korozije [14]. Korišćena je AMEL aparatura, i to: potenciostat-model 553, programski funkcionalni generator-model 568, interfejs-model 560/A/log i digitalni x/y-pisač-model 863.

#### REZULTATI I DISKUSIJA

Uticaj ispitivanih inhibitora korozije, u koncentraciji od  $10^{-2}\%$ , na koroziono ponašanje mesinga CuZn-28 sa stepenima deformacije od 0, 60 i 80%, ispitivan je u  $5 \cdot 10^{-1}\text{M}$  i  $1.0\text{M}$  rastvorima hloridnih jona. Dobijene polarizacione zavisnosti prikazane su na slikama (1-6).



Slika 1 - Polarizacione krive mesinga CuZn- 28 (0%) u  $5 \cdot 10^{-1}\text{M}$  rastvoru Cl<sup>-</sup>-jona i  $10^{-2}\%$  rastvoru inhibitora korozije



Slika 2 - Polarizacione krive mesinga CuZn- 28(60%) u  $5 \cdot 10^{-1}\text{M}$  rastvoru Cl<sup>-</sup>-jona i  $10^{-2}\%$  rastvoru inhibitora korozije

Povećanje vrednosti potencijala, nakon korozionog potencijala, dovodi do porasta vrednosti gustina struja i prevođenja ispitivanih elektroda u

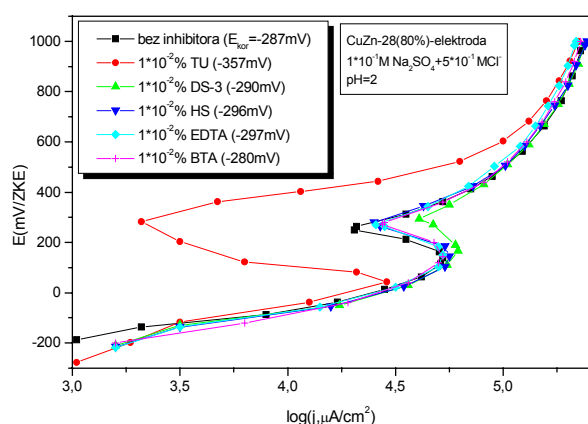
aktivnu oblast. U rastvorima hloridnih jona, jedino inhibitor tiourea pokazuje inhibitorski efekat na proces korozije mesinga (tabele 1 i 2).

Tabela 1 - Vrednosti gustina korozionih struja i stepena inhibiranja za ispitivane uzorke mesinga u  $5 \cdot 10^{-1} M$  rastvoru hloridnih jona, pri koncentraciji inhibitora  $10^{-2} \%$

Uzorak	bez inhibitora		TU		BTA		EDTA		HS		DS-3	
	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
CuZn-28(0%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	1.346	/	0.50	62.85	1.45	/	1.58	/	1.78	/	1.84	/
CuZn-28(60%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	1.679	/	0.79	52.95	1.99	/	2.91	/	2.96	/	2.99	/
CuZn-28(80%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	1.251	/	0.526	57.96	1.62	/	1.87	/	1.89	/	1.90	/

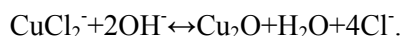
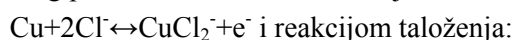
Tabela 2 - Vrednosti gustina korozionih struja i stepena inhibiranja za ispitivane uzorke mesinga u  $1.0 M$  rastvoru hloridnih jona, pri koncentraciji inhibitora  $10^{-2} \%$

Uzorak	bez inhibitora		TU		BTA		EDTA		HS		DS-3	
	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
CuZn-28(0%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	2.879	/	1.00	65.30	2.98	/	3.37	/	3.51	/	3.67	/
CuZn-28(60%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	3.323	/	1.87	43.73	3.70	/	3.78	/	3.91	/	3.94	/
CuZn-28(80%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	2.616	/	1.258	52.00	3.30	/	3.46	/	3.54	/	3.70	/



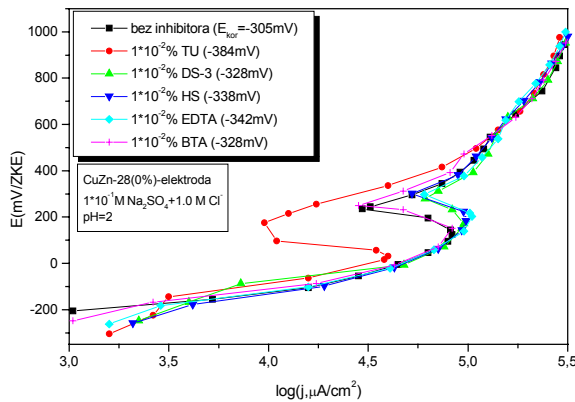
Slika 3 - Polarizacione krive mesinga CuZn-28(80%) u  $5 \cdot 10^{-1} M$  rastvoru Cl<sup>-</sup> jona i  $10^{-2} \%$  rastvoru inhibitora korozije

Na svim polarizacionim krivama prisutni su strujni vrhovi, što se objašnjava formiranjem oksida bakra na površini mesinga [15, 17]. Sa povećanjem koncentracije hloridnih jona, povećavaju se i vrednosti gustina korozionih struja, što se objašnjava izrazitim korozionim dejstvom povećanih koncentracija hlorida. Nastajanje Cu(I)-hloro kompleksnog jona u hloridnom rastvoru, veoma je važno za proces selektivnog rastvaranja mesinga, pri čemu je formiranje filma na mesingu zavisno od ravnoteže difuzije Cu(I)-hloro kompleksa, nastalog primarnom anodnom reakcijom:

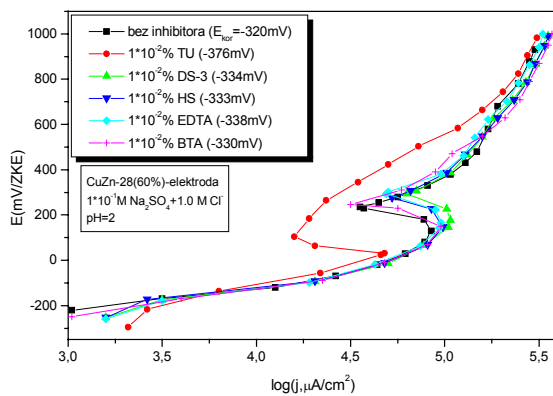


Izrazita rastvorljivost Cu(I)-hloro kompleksa stvara uslove za odvijanje procesa decinkacije me-

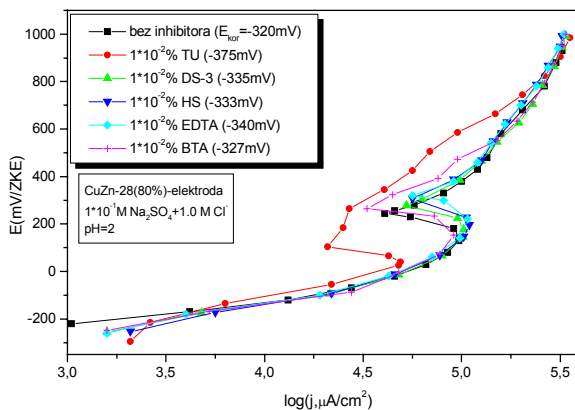
singa u rastvorima hlorida. Efekat izazvan povećanom koncentracijom hloridnih jona rezultuje formiranjem strujnog "platoa", što se objašnjava kratkotrajnom pasivizacijom mesinga [16].



Slika 4 - Polarizacione krive mesinga CuZn - 28(0%) u 1.0M rastvoru Cl-jona i 10<sup>-2</sup>% rastvoru inhibitora korozije



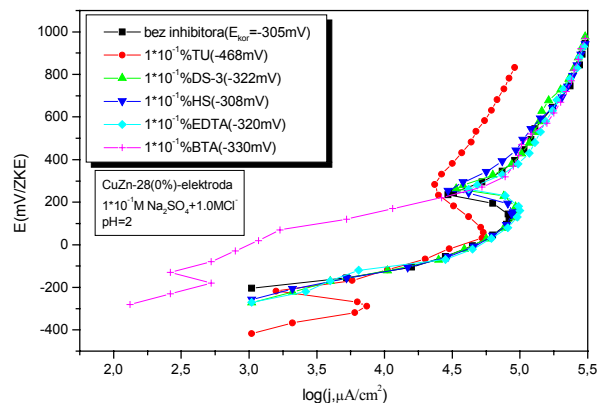
Slika 5 - Polarizacione krive mesinga CuZn - 28(60%) u 1.0M rastvoru Cl-jona i 10<sup>-2</sup>% rastvoru inhibitora korozije



Slika 6 - Polarizacione krive mesinga CuZn - 28(80%) u 1.0M rastvoru Cl-jona i 10<sup>-2</sup>% rastvoru inhibitora korozije

Inhibitori korozije BTA, EDTA, HS i DS-3, ni u jednom slučaju nemaju inhibitori efekat na proces korozije mesinga, već se može govoriti o njihovom aktivatorskom dejstvu, što se objašnjava njihovom nedovoljnom koncentracijom u ispitivanim rastvorima. Sa povećanjem stepena deformacije rastu i vrednosti gustina korozionih struja, pri čemu najveće vrednosti za  $j_{kor}$  ima mesing sa stepenom deformacije od 60%, u svim ispitivanim rastvorima. Na osnovu vrednosti iz tabela (1 i 2) može se zaključiti da najniže vrednosti gustina korozionih struja, za obe vrednosti koncentracija hloridnih jona, imaju stepeni deformacije od 0% i 80%, pri čemu jedino inhibitor TU ima inhibitori efekat na proces korozije mesinga. Smanjenje vrednosti gustina korozionih struja, za mesing CuZn-28, sa stepenom deformacije od 80%, u odnosu na druge ispitivane uzorke mesinga, objašnjava se najvećim stepenom neuređenosti kristalne strukture i stabilnošću formiranog filma (Cu<sub>2</sub>O/CuO) na površini elektrode [18]. U rastvorima svih inhibitora korozije, u toku polarizacionih merenja, došlo je do pojave belog taloga i taloženja bakra na ispitivanim uzorcima mesinga. Pojava belog taloga ukazuje na postojanje procesa decinkacije mesinga, pri čemu dolazi do formiranja cink-oksida na površini mesinga, usled procesa izdvajanja cinka iz mesinga [1, 2, 16, 18-22].

Na slikama (7, 8 i 9) date su polarizacione krive za ispitivane uzorke mesinga u 5·10<sup>-1</sup>M i 1.0M rastvorima hloridnih jona, uz prisustvo ispitivanih inhibitora korozije u koncentraciji od 10<sup>-1</sup>%.



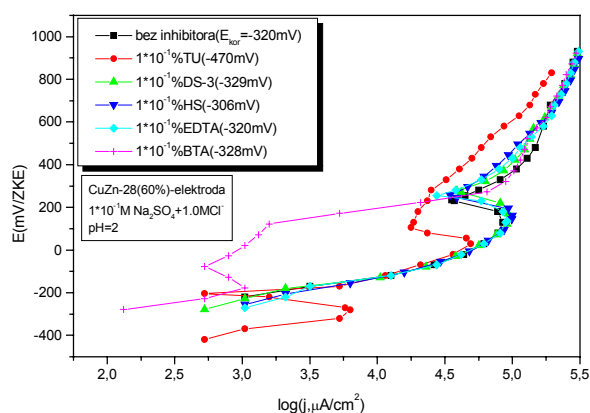
Slika 7 - Polarizacione krive mesinga CuZn - 28(0%) u 1.0M rastvoru Cl-jona i 10<sup>-1</sup>% rastvoru inhibitora korozije

Tabela 3 - Vrednosti gustina korozionih struja i stepena inhibiranja za ispitivane uzorke mesinga u  $5 \cdot 10^{-1} M$  rastvoru hloridnih jona, pri koncentraciji inhibitora  $10^{-1} \%$ 

Uzorak	bez inhibitora		TU		BTA		EDTA		HS		DS-3	
CuZn-28(0%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	1.346	/	0.458	65.97	0.03	97.6	1.48	/	1.51	/	1.62	/
CuZn-28(60%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	1.679	/	0.64	61.88	0.10	94.0	2.19	/	2.24	/	2.88	/
CuZn-28(80%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	1.251	/	0.346	72.34	0.02	98.3	1.44	/	1.76	/	1.58	/

Tabela 4 - Vrednosti gustina korozionih struja i stepena inhibiranja za ispitivane uzorke mesinga u  $1.0 M$  rastvoru hloridnih jona, pri koncentraciji inhibitora  $10^{-1} \%$ 

Uzorak	bez inhibitora		TU		BTA		EDTA		HS		DS-3	
CuZn-28(0%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	2.879	/	1.07	62.83	0.04	98.51	3.39	/	3.495	/	3.52	/
CuZn-28(60%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	3.323	/	1.99	40.11	0.10	96.99	4.08	/	3.795	/	3.857	/
CuZn-28(80%)	$j_{kor}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	P(%)	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P	$j_{kor}$	P
	2.616	/	1.29	50.68	0.034	98.70	3.21	/	3.515	/	3.51	/

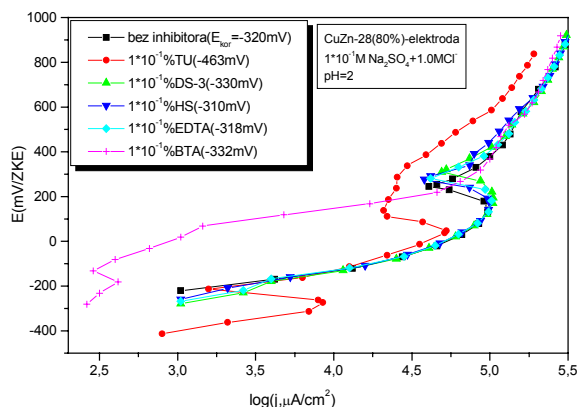
Slika 8 - Polarizacione krive mesinga CuZn - 28(60%) u  $1.0 M$  rastvoru Cl-jona i  $10^{-1} \%$  rastvoru inhibitora korozije

Odmah nakon uspostavljanja korozionih potencijala svi ispitivani uzorci mesinga prelaze u aktivno stanje, gde ostaju do kraja procesa polarizacije.

Kod sva tri uzorka mesinga najmanje vrednosti gustina korozionih struja su prisutne u rastvorima inhibitora korozije BTA i TU, sa time da BTA pokazuje bolji inhibitorski efekat od TU (tabele 3 i 4). Porast koncentracije hloridnih jona dovodi do povećanja vrednosti gustina korozionih struja. Stepenn deformacije od 80%, a u pojedinim slučajevima

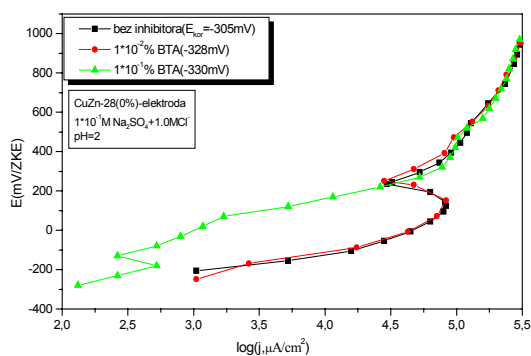
vima i od 0%, ima najmanje vrednosti gustina korozionih struja, što se objašnjava inhibitorskim efektom povećanog stepena deformacije. Prilikom povećanja vrednosti koncentracije inhibitora u radnom rastvoru, inhibitori EDTA, HS i DS-3 i dalje nemaju inhibitorski efekat na proces korozije mesinga. Na svim polarizacionim krivama prisutni su strujni vrhovi, pri čemu su u rastvorima inhibitora TU i BTA prisutna dva strujna vrha; prvi strujni vrh je najverovatnije formirani katjon-amina ( $Cu(NH_2)_2^+$  na površini uzorka [23-26], koji štiti metal od korozije. On je isparljiv, tako da njegovo dejstvo nestaje do pojave drugog strujnog vrha, koji je oksid bakra ( $Cu_2O$ ). Nakon postizanja strujnog vrha svi ispitivani uzorci pasiviziraju se, pri čemu dolazi do smanjenja vrednosti gustina struje, dok dalje povećanje vrednosti potencijala dovodi do ponovnog aktiviranja elektrode i povećavanja vrednosti gustina struje. U radnom rastvoru, uz dodatak hloridnih jona u koncentraciji od  $1.0 M$ , koncentracija inhibitora TU od  $10^{-2} \%$  ima veći stepen inhibiranja od koncentracije TU od  $10^{-1} \%$ , što se objašnjava aktivatorskim efektom povećanih koncentracija inhibitora, što upućuje na zaključak da nepravilno određena koncentracija

inhibitora može imati izrazito koroziono dejstvo na metal.

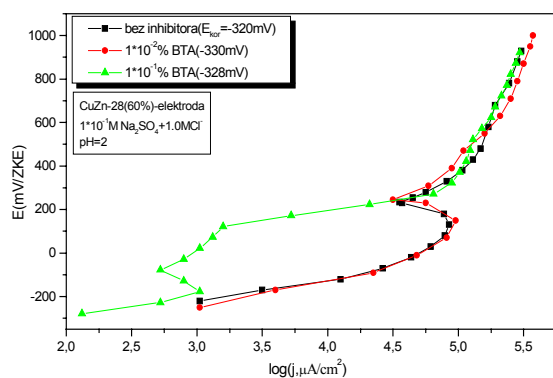


Slika 9 - Polarizacione krive mesinga CuZn-8(80%) u 1.0M rastvoru Cl<sup>-</sup>-jona i 10<sup>-1</sup>% rastvoru inhibitora korozije

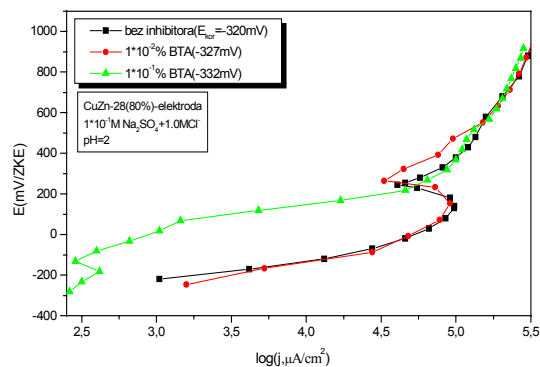
Na slikama (10, 11 i 12) date su uporedne polarizacione krive za ispitivane uzorke mesinga u 1.0M rastvoru hloridnih jona, za koncentracije inhibitora BTA od 10<sup>-2</sup>% i 10<sup>-1</sup>%.



Slika 10 - Polarizacione krive mesinga CuZn-28(0%) u 1.0M rastvoru Cl<sup>-</sup>-jona i različitim koncentracijama BTA



Slika 11 - Polarizacione krive mesinga CuZn-28(60%) u 1.0M rastvoru Cl<sup>-</sup>-jona i različitim koncentracijama BTA



Slika 12 - Polarizacione krive mesinga CuZn-28(80%) u 1.0M rastvoru Cl<sup>-</sup>-jona i različitim koncentracijama BTA

Sa prikazanih slika može se jasno videti da inhibitor BTA u koncentraciji od 10<sup>-1</sup>% ima izrazit inhibitorski efekat u odnosu na koncentraciju od 10<sup>-2</sup>%, gde inhibitorski efekat nije prisutan.

#### ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata, može se zaključiti sledeće:

1. Povećanje koncentracije hloridnih jona dovodi do izrazitog procesa korozije mesinga.
2. Najveće vrednosti gustina korozionih struja ima mesing sa stepenom deformacije od 60%.
3. Najmanje vrednosti gustina korozionih struja ima mesinga sa stepenom deformacije od 80%, a u pojedinim slučajevima i stepen deformacije od 0%.
4. Od ispitivanih inhibitora korozije jedino benzotriazol i tiourea pokazuju inhibitorski efekat na proces korozije mesinga. Ostali inhibitori, u ispitivanim koncentracijama, nemaju inhibitorski efekat, već se u pojedinim slučajevima može govoriti o njihovom aktivatorskom efektu.
5. Kada je koncentracija inhibitora u radnom rastvoru 10<sup>-2</sup>%, jedino inhibitor tiourea ima inhibitorski efekat na proces korozije mesinga.
6. Pri koncentraciji inhibitora u radnom rastvoru od 10<sup>-1</sup>%, inhibitori benzotriazol i tiourea pokazuju inhibitorski efekat, sa time da BTA ima veći stepen inhibiranja.
7. U pojedinim slučajevima, veća koncentracija inhibitora tiouree pokazuje manji stepen inhibiranja, što upućuje na zaključak da povećana koncentracija inhibitora ne dovodi i do povećanja stepena inhibiranja, odnosno, pre upotrebe mora se znati koja koncentracija inhibitora pruža metalu adekvatnu zaštitu.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je rađen u okviru projekta osnovnih istraživanja broj 1622. Autori se zahvaljuju Ministarstvu nauke i zaštite životne sredine na finansijskoj podršci.

## LITERATURA

- [1] R. H. Heidersbach, JR., Ellis D., *Corrosion-NACE*, **28**(11) (1972) 397.
- [2] T. K. G. Nambodhiri, R. S. Chaudhary, *Corrosion Science*, **22** (1982) 1037.
- [3] R. K. Dinnappa, S. M. Mayanna, *Corrosion Science*, **27** (1987) 349.
- [4] R. B. Rebak, J. R. Galvele, *Corrosion Science*, **29** (1989) 1003.
- [5] L. Burzynska, J. Stoch, Z. Zembura, *Solid State Ionics* **38** (1990) 179.
- [6] L. Burzynska, Z. Zembura, *Polish Journal of Chemistry*, **66** (1992) 503.
- [7] L. Burzynska, A. Maraszewska, Z. Zembura, *Corrosion Science*, **38** (1996) 337.
- [8] Lj. Krstulović, B. Kulušić, *Chem. Ind.* **45**(5) (1996) 177.
- [9] T. P. Hoar, C. J. L. Booker, *Corrosion Science*, **5** (1965) 821.
- [10] S. Torchio, F. Mazza, *Corrosion Science*, **26** (1986) 813.
- [11] Stuart S. Birley, Desmond Tromans, *Corrosion-NACE*, **27** (7) (1971) 297.
- [12] R. C. Newman, G. T. Burstein, *Corrosion Science*, **21** (1981) 119.
- [13] S. Torchio, *Corrosion Science* **26** (1986) 133.
- [14] B. Kulušić, Lj. Krstulović, J. Ivić, *Chem. Ind.* **39**(7) (1990) 315.
- [15] V. F. Lucey, Br. *Corrosion Journal*, **1** (1965) 9.
- [16] S. R. DeSanchez, D. J. Schiffrin, *Corrosion Science*, **28** (1988) 141.
- [17] T. P. Hoar, J. J. Podesta, G. P. Rothwell, *Corrosion Science*, **11** (1971) 231.
- [18] S. M. Mayanna, T. H. V. Setty, *Corrosion Science* **14** (1974) 691.
- [19] P. Gupta, R. S. Chaudhary, T. K. G. Nambodhiri, Br. *Corrosion J.*, **17** (1982) 136.
- [20] A. B. Sitnikov, A. P. Pchejnekov, Z. Metallov, **14** (1978) 258, **15** (1979) 34.
- [21] P. Hari, *Corrosion Science* **15** (1975) 245.
- [22] E. E. Langeneggar, B. G. Callaghan, *Corrosion* **28** (1972) 245.
- [23] P. Rethenbecher, *Corrosion Science* **10** (1970) 391.
- [24] N. W. Polan, J. M. Popplewell, M. J. Pryor, *J. Electrochem. Soc.* **126** (1979) 1299.
- [25] X. J. Guo, K. W. Gao, L. J. Qiao, *Corrosion Science*, **44** (2002) 2367.
- [26] Bogatkov L. G., Bulatov A. S., *Konservacija himičeskoga oborudovanja*, Moskva, (1981)

## SUMMARY

## THE CORROSION INHIBITORS OF BRASS IN CHLORIDE SOLUTIONS

In this work we are presented our results of behaviour of CuZn-28 brass, with five deformation degrees, in acid sulphate solution, in presence of chloride ions, with concentration of  $5 \cdot 10^{-1} M$  and 1.0M. Effect of surface active substances as well as thiourea (TU), benzotriazole (BTA), ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA), hydrazine sulphate (HS) and 2-butin-1,4 diole (DS-3) on corrosion behaviour of analyzed brass samples, was discussed based on current density value and inhibition efficiency degree value. In solutions with present chloride ions and inhibitors of concentrations of  $10^{-2} \%$ , the best corrosion inhibitor is thiourea. Increase of inhibitor concentration at  $10^{-1} \%$  results into a significant increase of inhibition degree of BTA (97%). The other analyzed corrosion inhibitors have no inhibition effect in chloride solutions on brass corrosion; even it could be talk about an activation effect. Deformation degree of brass samples has no important influence on inhibition degree value.

**Key words:** brass, polarization, dezincification, inhibitor, inhibition efficiency

