

Bojan M. Jokić

KOROZIJA MATERIJALA

Akadska misao
Beograd, 2023.

Bojan M. Jokić

KOROZIJA MATERIJALA

Recenzenti:

Dr Milica Gvozdenović

Dr Branimir Jugović

Izdaje i štampa

Akadska misao, Beograd

Dizajn naslovne strane

Autor

Tiraž: 300 primeraka

ISBN 978-86-7466-995-2

Mesto i godina izdanja

Beograd, 2023.

Predgovor

Metali su kroz istoriju imali odlučujući uticaj na ljudsku civilizaciju pa tako i danas u velikoj meri uslovljavaju način na koji živimo.

Proizvodnja automobila, aviona, alata, mašina i motora sa unutrašnjim sagorevanjem, kućnih aparata pa čak i kompjutera ne bi bila moguća bez metala. Korozija i habanje metala ograničavaju radni vek ove opreme i smanjuju njihovu efikasnost.

Pre otprilike tri i po milenijuma, kada je bronzano doba ustupilo mesto gvozdеноm dobu znalo se da gvožđe i čelik podležu koroziji. Razlog korozije gvožđa i čelika proizilazi iz činjenice da se gvožđe, glavni sastojak čelika, nalazi u zemljinoj kori u oksidovanom stanju, uglavnom u obliku ruda, tj. hemijskih jedinjenja, kao što su oksidi, sulfidi, karbonati i dr. Za odvijanje procesa ekstrakcije metala iz ruda metala neophodan je znatan utrošak energije. Prirodno je, da će pri odvijanju suprotnog procesa, tj. prevođenjem metala u hemijska jedinjenja, slična onima iz kojih je dobijen metal, dovesti do oslobađanja energije koja je utrošena za njegovo dobijanje. Za razliku od procesa dobijanja metala, proces hemijske promene metala koji dovodi do obrazovanja jedinjenja metala predstavlja spontan proces i naziva se korozija.

Brzina kojom će se odvijati spontani proces korozije metala zavisi od vrste metala, sredine u kojoj se nalazi i dejstva mehaničkih sila kojima su metali ili legure izloženi. Često, brzina korozije varira tokom vremena u zavisnosti od promene uslova sredine ili zbog proizvoda korozije koji se formiraju na površini metala.

Pod pojmom korozija¹ materijala podrazumeva se svaki spontani i neželjeni proces rastvaranja ili razaranja materijala, koji se javlja kao posledica delovanja spoljašnje sredine. Korozija je prirodni, spontani, proces koji se javlja usled elektrohemijskih, hemijskih i/ili biohemijskih reakcija između metala i legura metala u različitoj korozionoj sredini, kao što je vlaga, kiseonik, neorganske ili organske kiseline, hloridi u uslovima sniženih ili povišenih vrednosti pritiska i temperature. Tokom korozionog procesa metali ili legure

¹ Izraz korozija potiče od latinskog izraza *rodere* „grižanje“ i *corrodere* koji znači „gristi na komade“.

metala nastoje da se transformišu u termodinamički stabilniji oblik, jedinjenje, kao što su oksidi, hidroksidi, karbonati ili sulfidi.

Za razliku od većine metala, zlato predstavlja izuzetak jer se u prirodi javlja u metalnom stanju, a ne kao ruda. S obzirom da elementarni oblik u kome se zlato nalazi predstavlja njegovo najstabilnije stanje, prirodno je da zlato ne pokazuje sklonost ka koroziji, odnosno formiranju jedinjenja.

Procenjuje se da godišnji gubici različitih materijala izazvani korozijom iznose više miliona tona svake godine. Korozijom milion tona gvožđa godišnje oslobađa se nepovratno izgubljena energija kojom bi se grad od dva miliona domaćinstava (uz prosečnu potrošnju od 500 kW h mesečno) mogao napajati električnom energijom mesec dana.

Proteklih decenija nova saznanja i razumevanje mehanizama korozionih procesa su doprinela boljem kontrolisanju korozionih procesa i zaštiti materijala. I danas, početkom 21. veka nauka o koroziji i inženjerstvu materijala se sreće sa brojnim izazovima koji su vezani za održivost budućeg razvoja, smanjenje utroška energije, upotrebe novih materijala i razvoj novih tehnologija, koji nameće razvoj novih ekološki prihvatljivih materijala i tehnika zaštite materijala od korozije. Za uspešno rešavanje ovih i drugih izazova neophodno je poznavanje osnova korozije, elektrohemije i svojstava materijala.

Sadržaj

Predgovor.....	1
1. Uvod.....	3
2. Osnovni koncept korozije	8
2.1 Granica faza.....	8
3. Ravnotežni i standardni potencijal.....	13
3.1 Potencijal vodonične elektrode.....	20
3.2 Potencijal kiseonične elektrode	21
3.3 Pourbeovi dijagrami.....	22
3.4 Polarizacija.....	32
3.4.1 Aktivaciona polarizacija	37
3.4.2 Koncentraciona polarizacija	40
3.4.3 Uzroci polarizacije.....	48
3.4.4 Merenje polarizacije.....	49
4. Korozioni potencijal.....	50
4.1 Merenje korozionog potencijala.....	55
5. Brzina korozije	57
5.1 Uticaj pH na brzinu korozije.....	59
5.2 Uticaj temperature	60
5.3 Merenje brzine korozije	61
5.3.1 Merenje brzine korozije pomoću polarizacionih krivih.....	64
6. Tipovi korozije	67
6.1 Korozija u neelektrolitima	67
6.2 Korozija u elektrolitima	69
7. Opšta (uniformna) korozija.....	75
8. Neuniformna ili lokalizovana korozija	76
▪ <i>galvanska korozija</i> ,	76
▪ <i>tačkasta ili piting korozija</i> ,	76

▪	<i>tačkasta ili piting korozija,</i>	76
▪	<i>korozija u zazoru,</i>	76
▪	<i>međukristalna korozija,</i>	76
▪	<i>naponska korozija</i>	77
8.1	Galvanska korozija	77
8.1.1	Uzroci formiranja galvanskih spregova	79
8.1.2	Galvanska ćelija.....	80
8.2	Pegasta i tačkasta (piting) korozija	82
8.3	Interkristalna korozija	87
8.4	Korozija u pukotinama ili zazorima	89
8.5	Neuniformna korozija uzrokovana aeracijom.....	91
8.6	Naponska korozija	93
8.7	Vodonična krtost	95
8.8	Korozija zavarnih spojeva.....	97
8.8.1	Korozija u zazoru zavarenih spojeva.....	98
8.8.2	Galvanska korozija zavarnih spojeva	99
9.	Mikrobilološka korozija.....	100
9.1	Definicija mikrobiološke korozije	100
9.1.1	Mikroorganizmi i njihovo desjstvo	101
9.1.2	Formiranje biofilma	102
9.1.3	Biofilm i proces korozije	103
9.1.4	Delovanje mikroorganizama.....	104
9.1.5	Klasifikacija mikroorganizama prema načinu delovanja... 104	
9.1.6	Mikrobiološka korozija neorganskih materijala.....	110
9.1.7	Zaštita od mikrobiološke korozije	111
10.	Korozija tehničkih metala	114
10.1	Korozija gvožđa	114
10.1.1	Korozija gvožđa u vodi i vodenom rastvoru soli	122

10.2	Nerđajući čelik	129
10.3	Korozija bakra.....	131
10.3.1	Legure bakra	133
10.4	Korozija aluminijuma	135
10.5	Korozija kalaja	136
10.6	Korozija olova.....	137
11.	Pasivacija.....	139
11.1	Pasiviranje metala u prisustvu oksidacionih sredstava	142
11.2	Transpasivno stanje metala.....	143
12.	Pasivatori i aktivatori.....	145
12.1	Anodni aktivatori.....	145
12.2	Katodni aktivatori.....	146
13.	Atmosferska korozija.....	147
	Literatura	153