



# Praćenje degradacije premaza za odobalne konstrukcije elektronskom impedancijskom spektroskopijom

Marina Mrđa Lalić, Sanja Martinez



Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19

## SAŽETAK

U ovom je radu metoda elektrokemijske impedancijske spektroskopije primijenjena na premaze namijenjene zaštiti konstrukcija u odobalnom području. Praćena je degradacija dva sustava premaza (epoksidnog i poliuretanskog) namijenjenih visoko korozivnoj sredini oznake C5-M(H) prema normi HRN EN ISO 12944.

Ispitivani su sustavi različitih debljina suhog filma premaza koji su podvrgnuti dugoročnom izlaganju u 3,5% -tnoj otopini NaCl i ubrzanom ispitivanju u neutralnoj slanoj magli 5%-tne otopine NaCl, kao komparativnoj metodi analize.

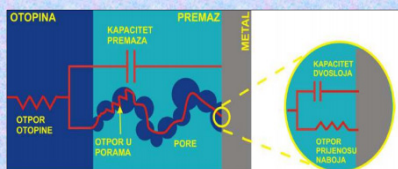
Na uzorcima se periodično provodilo impedancijsko mjerenje. Za mjerenje impedancije uzoraka izloženih u slanoj komori korišten je inovativni električni sklop koji omogućava mjerenje impedancije premaza bez izlaganja u ćeliji s elektrolitom.

Praćena je promjena i izvršena analiza:

- otpora premaza (na 0,1 Hz)
- kapaciteta premaza (na 100 Hz)
- volumnog udjela upijene vode

Prilikom kontakta metala s elektrolitom dolazi do slabljenja svojstava premaza te razlikujemo dvije faze:

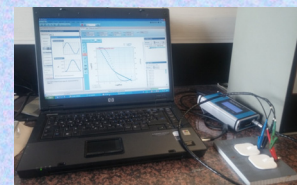
1. prodiranje elektrolita u premaz i nastajanje pora u premazu
2. Početak i napredovanje korozije metalne podloge ispod premaza



Električni ekvivalentni krug premaza

## Analizirani uzorci premaza

| Sustav premaza | Tip premaza       | Baza       | Debljina [μm] |
|----------------|-------------------|------------|---------------|
| Pločica 1      | temeljni premaz   | cink prah  | 1 x 60        |
|                | međuslojni premaz | epoksi     | 1 x 180       |
| Pločica 2      | temeljni premaz   | cink prah  | 1 x 180       |
|                | završni premaz    | poliuretan | 1 x 80        |



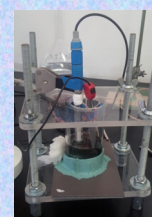
Aparatura za elektrokemijska mjerenja s dvoelektrodnim sustavom

## Mjerna ćelija za ispitivanje uzoraka s troelektrodnim sustavom



Pločica 1 Pločica 2

Slana komora



Troelektrodni sustav

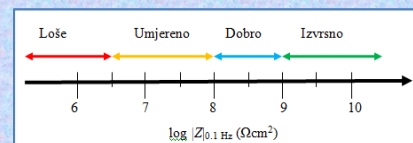
## Kvalitetan premaz karakterizira:

- ✓ visoki otpor
- ✓ nizak kapacitet
- ✓ mali volumni udio upijene vode

## Vodoupojnost premaza

$$\Phi = \frac{\log\left(\frac{C_t}{C_0}\right)}{\log(\epsilon_w)} ; \quad C = \frac{A\epsilon\epsilon^0}{d}$$

## Karakterizacija premaza prema zaštitnim svojstvima



Skala za ocjenu djelotvornosti zaštitnih premaza

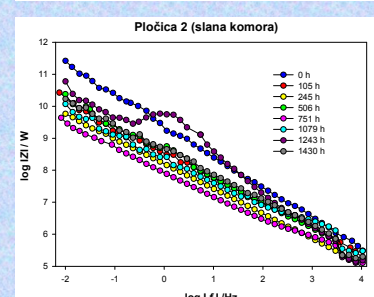
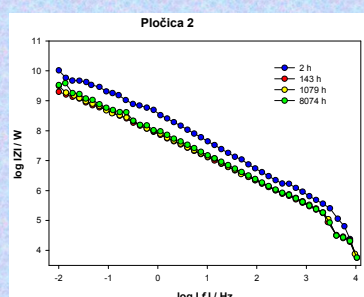
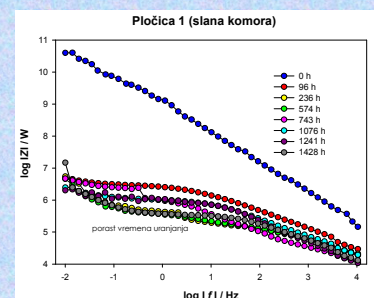
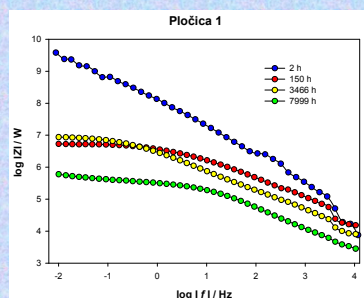
## REZULTATI

### Rezultati izlaganja otopini 3,5% NaCl

| Sustav premaza | Vrijeme izlaganja / h | Otpor premaza @ 0,1 Hz / GΩ cm <sup>2</sup> | Kapacitet premaza @ 100 Hz / pF cm <sup>-2</sup> | Volumni udio vode / % |
|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|
| Pločica 1      | 2                     | 20,82                                       | 25,03                                            | 0                     |
|                | 150                   | 0,14                                        | 124,83                                           | 36,57                 |
|                | 3466                  | 0,19                                        | 303,49                                           | -                     |
|                | 7999                  | 0,01                                        | 1033,94                                          | -                     |
| Pločica 2      | 2                     | 90,5                                        | 11,28                                            | 0                     |
|                | 143                   | 12,8                                        | 28,15                                            | 20,81                 |
|                | 1079                  | 12,1                                        | 27,71                                            | 20,45                 |
|                | 8074                  | 15,1                                        | 24,8                                             | 17,93                 |

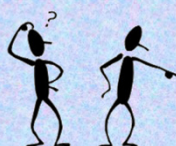
### Rezultati izlaganja u slanoj komori

| Sustav premaza | Vrijeme izlaganja / h | Otpor premaza @ 0,1 Hz / GΩ cm <sup>2</sup> | Kapacitet premaza @ 100 Hz / pF cm <sup>-2</sup> | Volumni udio vode / % |
|----------------|-----------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|
| Pločica 1      | 0                     | 90960,00                                    | 8,73                                             | -                     |
|                | 96                    | 0,037                                       | 286,98                                           | -                     |
|                | 236                   | 0,008                                       | 1068,71                                          | -                     |
|                | 574                   | 0,007                                       | 1034,81                                          | -                     |
|                | 743                   | 0,029                                       | 1273,10                                          | -                     |
|                | 1073                  | 0,014                                       | 517,44                                           | -                     |
|                | 1241                  | 0,013                                       | 592,73                                           | -                     |
|                | 1428                  | 0,008                                       | 760,08                                           | -                     |
| Pločica 2      | 0                     | 308,40                                      | 4,65                                             | 0                     |
|                | 105                   | 20,47                                       | 13,93                                            | 24,94                 |
|                | 245                   | 11,05                                       | 30,12                                            | 42,49                 |
|                | 506                   | 27,93                                       | 13,58                                            | 24,37                 |
|                | 751                   | 43,56                                       | 46,97                                            | 52,61                 |
|                | 1079                  | 14,97                                       | 16,34                                            | 28,58                 |
|                | 1243                  | 52,32                                       | 6,67                                             | 8,18                  |
|                | 1430                  | 28,91                                       | 6,67                                             | 8,18                  |



Djelotvornost ispitivanog premaza određuje se mjerenjem vrijednosti logaritma modula impedancije, log |Z|, pri frekvenciji 0,1 Hz.

## ZAKLJUČAK



- ✓ Metode izlaganja otopini 3,5% NaCl i izlaganja u slanoj komori daju usporedive rezultate – pokazano je lošije ponašanje dvoslojnog u odnosu na troslojni sustav.
- ✓ Pločica sa dva soja premaza brže gubi zaštitna svojstva u slanoj komori nego kada je izložena otopini 3,5% NaCl.
- ✓ Povećanje kapaciteta upućuje na prodiranje vode u premaz.
- ✓ Volumni udio vode ima smisla samo do trenutka kada je premaz neoštećen i dok nisu nastale pore u premazu.