

SAŽETAK:

Opći konstrukcijski čelik je neizbježan materijal u svakodnevnicima. Nalazi se u gotovo svim industrijama zbog čega je funkcionalnost i trajnost čeličnih konstrukcija od presudne važnosti. Površinska obrada čeličnih površina može biti raznolika, a u ovom se radu opisuje korozivno ponašanje dvaju različitih sustava sa epoksi-poliesterskom površinskom zaštitom i to na:

- uzorcima od čeličnog dekapiranog lima
- uzorcima od čeličnog dekapiranog lima galvanski zaštićenih cinkom.

U eksperimentalnom radu istražena su svojstva i ponašanje prevlake na čeličnim uzorcima slijedećim metodama: mjerenjem debljine prevlake, ispitivanjem u slanoj komori, ispitivanjem u vlažnoj komori, mjerenjem adhezije metodom zarezivanja mrežice i vlačnom metodom, mjerenjem otpornosti prevlake na udar, mjerenjem sjaja prevlake i elektrokemijskom impedancijskom spektroskopijom. Rezultati ispitivanja elektrokemijskom impedancijskom spektroskopijom pokazali su dobra svojstva zaštite prevlake dok se ispitivanjem prionjivosti prevlaka utvrdilo da zaštita na testnim uzorcima nije zadovoljavajuća te da ne osigurava normiranu izdržljivost. Uz navedeno takva ispitivanja će biti potpora za odluku o investiciji u nove tehnologije u tvornici koja je pripremila ispitivane uzorke, ali i za usporedbu kvalitete zaštite sa budućim tehnologijama površinske zaštite. Metodologija primjenjena u ovome radu bit će osnova za kasnija ispitivanja prevlaka.

Ključne riječi: korozija, korozivna zaštita, ugljični čelik, mjerenje debljine premaza, slana komora, vlažna komora, mjerenje adhezije i kohezije, elektrokemijska impedancijska spektroskopija

ZAKLJUČAK:

Rezultati ispitivanja pokazuju da ispitivani uzorci zaštićeni epoksid-poliesterskom prevlakom, odnosno dvoslojni sustav cinkova/epoksi-poliesterska prevlaka pruža adekvatnu zaštitu samo za slabije korozivne okoliše. Cinkova prevlaka nije doprinjela poboljšanju korozivne zaštite što je pripisano vjerojatnim nedostacima samog postupka pocinčavanja.

Za visoku kvalitetu antikorozijske površinske zaštite čeličnih proizvoda od presudne važnosti je priprema (obrada) čeličnih površina koje se žele zaštititi. Očito je da priprema površine koja se sastoji od dvije faze (odmašćivanje i fosfatizacija + pranje) nije odgovarajuća te zbog toga nije postignuta zadovoljavajuća adhezija premaza.

Iako pocinčavanje ne pridonosi značajno adheziji i otporu premaza ipak se kod pocinčanih premaza uočava kasnija pojava korozije u slanoj komori.

1. UVOD

U proizvodni proces sve je važnije uspostaviti tehnologije za izradu proizvoda produženog životnog vijeka i visoke razine ekološke prihvatljivosti. U tom kontekstu, za visoku kvalitetu antikorozijske površinske zaštite čeličnih proizvoda od presudne važnosti je priprema (obrada) čeličnih površina koje se žele zaštititi. Razumijevanje načela korozije nužno je ne samo za prepoznavanje mehanizama djelovanja nego i za prevenciju njene pojave upotrebom odgovarajućih sredstava i postupaka kojima se može i predvidjeti koroziju u uvjetima u kojima će se metal nalaziti tijekom buduće primjene proizvoda. Metalne prevlake, poput cinkove, služe za odvajanje metala od korozivnog okoliša. Metalne su prevlake u tom slučaju su žrtvovane anode i pružaju takozvanu katodnu zaštitu metala na koji su prevučeni, a njihova se dugotrajnost povezuje sa debljinom, odnosno sa količinom žrtvovanog materijala. Zaštita prevlakama temelji se na neporoznosti i ovisi isključivo o kontinuiranosti prevlake čime se može povećati uporabni vijek proizvoda koji garantira sigurnu primjenu.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

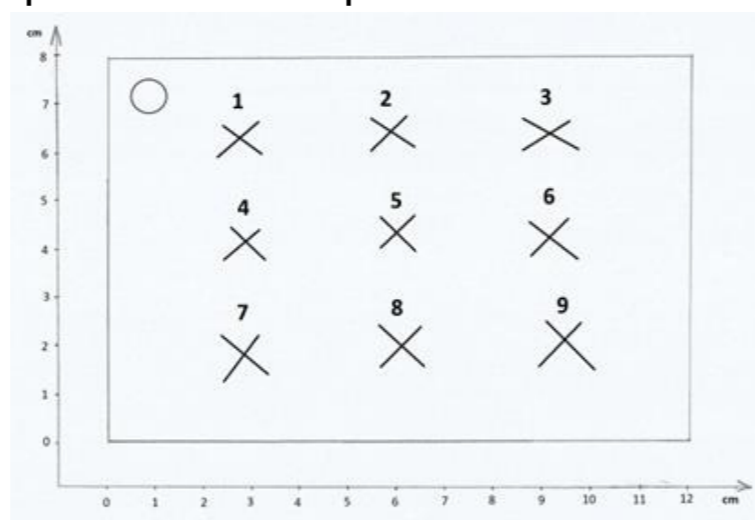
Eksperimentalni se dio sastojao od: ispitivanja debljine prevlake, ispitivanja u slanoj komori, ispitivanja u vlažnoj komori, ispitivanja prionjivosti premaza zarezivanjem i vlačnom metodom, ispitivanja otpornosti prevlake na udar, ispitivanja sjaja i ispitivanja elektrokemijskom impedancijskom spektroskopijom (EIS). Cilj ispitivanja bio je usporediti svojstva dvaju različitih sustava sa epoksi-poliesterskom površinskom zaštitom i to: uzorci od čeličnog dekapiranog lima (uzorci sa provrtom promjera Ø4 mm) i uzorci izrađeni od čeličnog dekapiranog lima prethodno galvanski pocinčani debljine sloja cinka od 5 do 7 µm bez završnog sloja pasivizacije nakon galvanskog cinčanja (uzorci sa provrtom promjera Ø6 mm). Također se željelo utvrditi u kojoj mjeri postojeća tehnologija površinske zaštite zadovoljava propisane zahtjeve standarda. Uz navedeno takva ispitivanja će biti potpora za odluku o investiciji u nove tehnologije, ali i za usporedbu kvalitete nanosa na budućim tehnologijama površinske zaštite. U tom smislu izvršena je i odgovarajuća standardizacija uzoraka, proces površinske zaštite s odgovarajućim režimima nanošenja na uzorke.

3. REZULTATI I RASPRAVA

Na slikama 1 do 6 prikazana su mjerenja debljine prevlake, ispitivanja prionjivosti te ubrzanih korozivnih ispitivanja (u vlažnoj i slanoj komori). U tablici 1 prikazani su rezultati ispitivanja elektrokemijskom impedancijskom spektroskopijom, a u tablici 2. dan je uspoređan skup svih rezultata istraživanja.

MJERENJE DEBLJINE PREMAZA

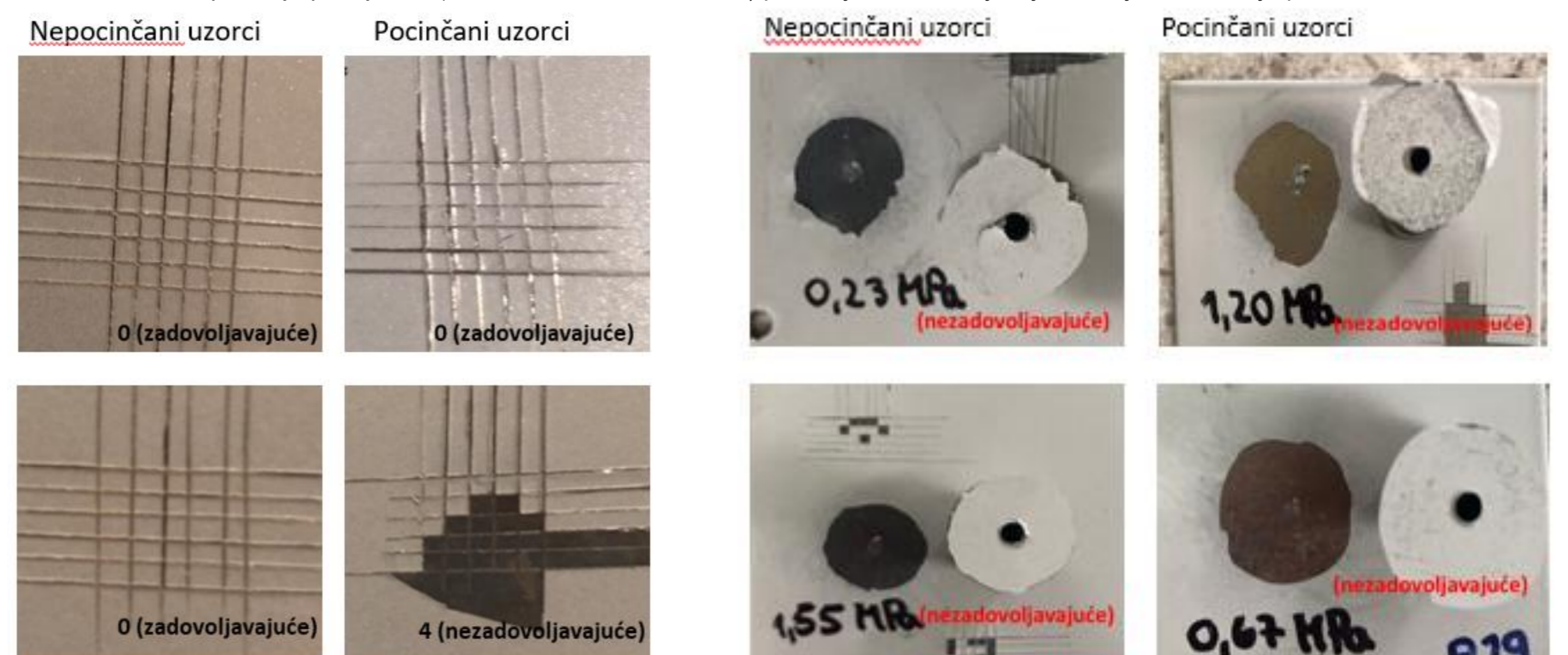
Debljine premaza na pocinčani i nepocinčani uzorcima kreću se od 70-140 µm. Mjerenje je pokazalo da nema primjetljive razlike između pocinčanih i nepocinčanih uzoraka.



Slika 1. Nacrt testnih uzoraka sa dimenzijama i mjerne točke

ISPITIVANJE PRIONJIVOSTI PREMAZA

Rezultati ispitivanja prionjivosti (Cross-cut test i Pull-off test) pokazuju nezadovoljavajuća svojstva adhezije premaza.

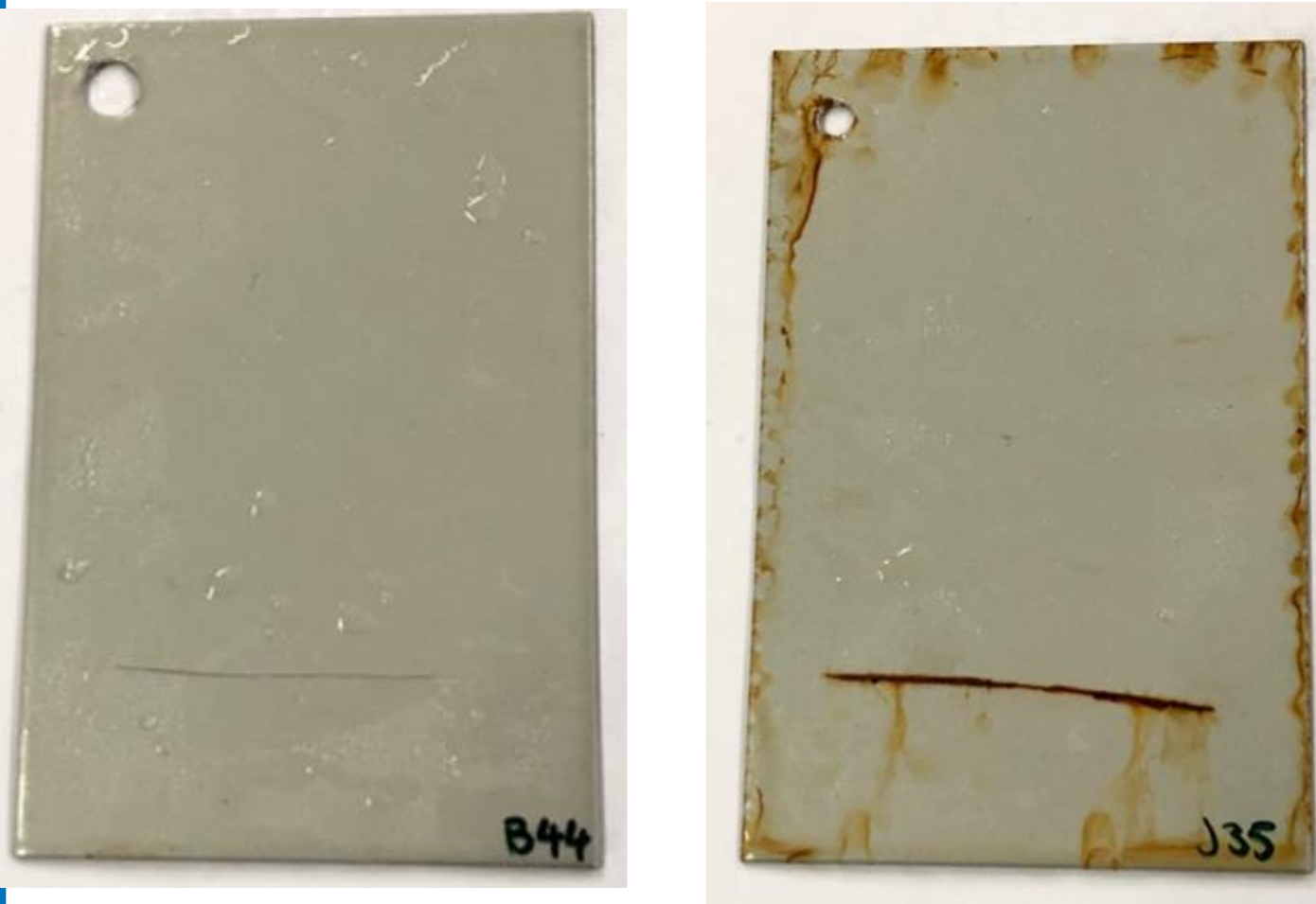


Slika 2. Usporedne fotografije ispitivanja adhezije Cross-cut testom (ISO 2409)

Slika 3. Usporedne fotografije ispitivanja adhezije Pull-off testom (ISO 4624)

ISPITIVANJE U SLANOJ KOMORI

POCINČANI UZORAK NEPOCINČANI UZORAK



Slika 4. Prikaz stanja pocinčanog i nepocinčanog uzorka nakon 336 sati slane komore

Nepocinčani uzorci odmah su pri prvom provjeri (nakon 168 sati) imali znakove korozivnih napada, dok pocinčani uzorci nisu pokazivali nikakve defekte površine

ELEKTROKEMIJSKA IMPEDANCIJSKA SPEKTROSKOPIJA

Tablica 1.: Grafički očitane i izračunate vrijednosti otpora premaza na prethodno pocinčanim uzorcima

	1. dan	14. dan	36. dan	42. dan	68. dan
f/Hz	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
log(Rp / Ω*cm ²)	10,40	10,33	10,32	10,20	10,15
Rp / Ω*cm ²	2,51*10 ¹⁰	2,14*10 ¹⁰	2,09*10 ¹⁰	1,50*10 ¹⁰	1,40*10 ¹⁰
jkor / mA*cm ⁻²	1,04*10 ⁻¹¹	1,22*10 ⁻¹¹	1,25*10 ⁻¹¹	1,74*10 ⁻¹¹	1,87*10 ⁻¹¹

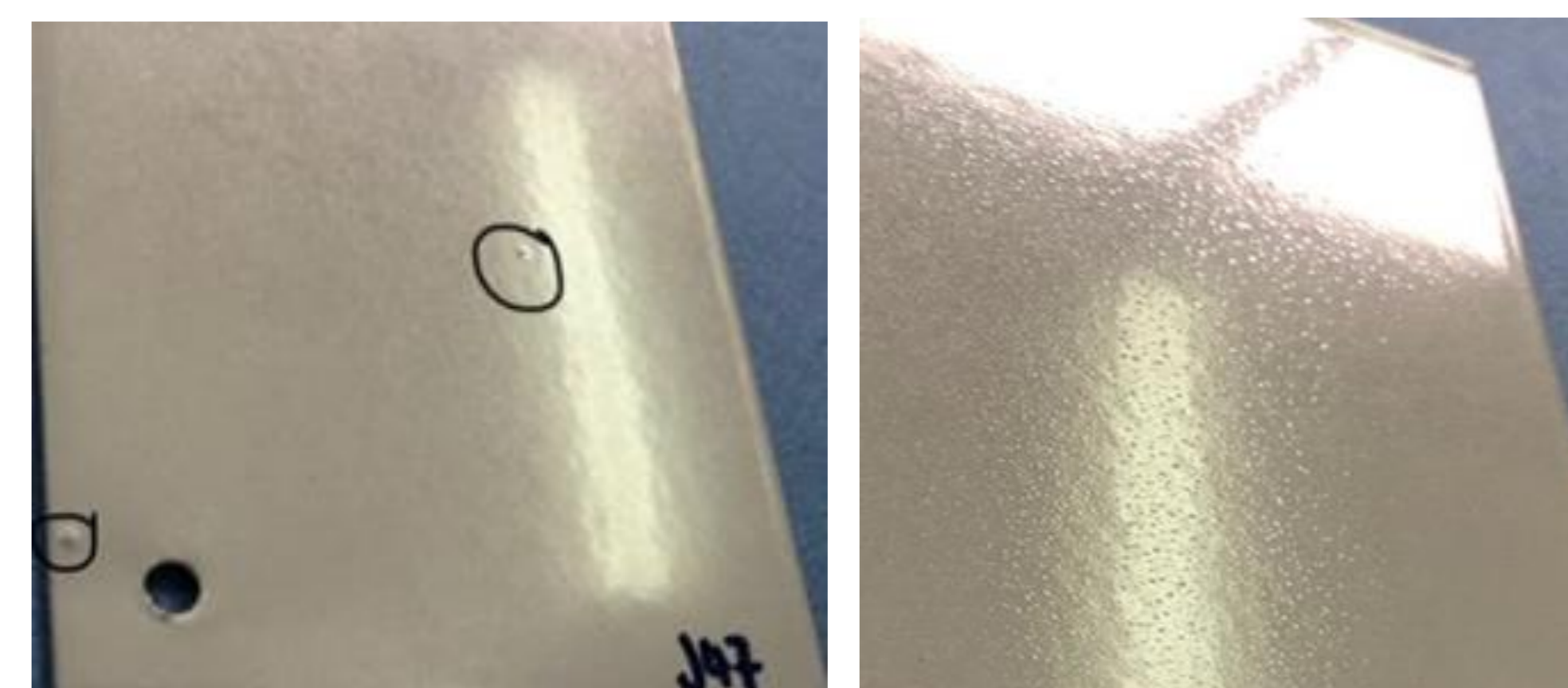
Tablica 2.: Grafički očitane i izračunate vrijednosti otpora premaza na prethodno nepocinčanim uzorcima

	1. dan	14. dan	36. dan	42. dan	68. dan
f/Hz	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
log(Rp / Ω*cm ²)	10,48	10,35	10,28	10,25	10,24
Rp / Ω*cm ²	3,0*10 ¹⁰	3,2*10 ¹⁰	1,9*10 ¹⁰	1,8*10 ¹⁰	1,7*10 ¹⁰
jkor / mA*cm ⁻²	8,7*10 ⁻¹⁰	8,16*10 ⁻¹⁰	1,37*10 ⁻¹¹	1,4*10 ⁻¹¹	1,5*10 ⁻¹¹

Mjerenja provedena metodom elektrokemijske impedancijske spektroskopije pokazuju najmanju degradaciju zaštitnih svojstava premaza u vremenu što se može pripisati činjenici da su ova mjerenja provedena pri nižoj temperaturi nego ispitivanja u slanoj i vlažnoj komori. Također se ispitivanje EIS-om provodilo na središnjem dijelu pločica, a ne na rubovima koji su znatno osjetljiviji na pojavu korozije.

ISPITIVANJE U VLAŽNOJ KOMORI

NEPOCINČANI UZORAK POCINČANI UZORAK



Slika 5. Prikaz površine nepocinčanog i pocinčanog uzorka nakon vlažne komore (360 sati)

Nakon 360 sati ispitivanja nijedan uzorak nema zadovoljavajuću otpornost na mjehanje, a korozija je nastupila kod nepocinčanog uzorka 10/Ø4. Ocjene otpornosti na mjehanje ukazuju na manju otpornost na mjehanje pocinčanih uzoraka što potvrđuje veća gustoća mjehanja na pocinčanih uzorcima (ocjena 4) prema ISO 4628.

Tablica 3. Rezultati usporednog ispitivanja korozivnog ponašanja pocinčanih i nepocinčanih čeličnih uzoraka zaštićeni elektrostatskim načinom

Vrsta ispitivanja	REZULTATI						KOMENTAR
	prethodno pocinčani uzorci	70-110 µm	80-140 µm	70-140 µm	70-110 µm	80-140 µm	
Mjerenje debljine	70-140 µm	70-110 µm	80-140 µm	70-140 µm	70-110 µm	80-140 µm	prethodna obrada cinčanjem nema uočljivog utjecaja na debljinu prevlake
Slana komora (mjerena izdržljivost u satima)	< 168	< 168		< 336	< 336		prethodno pocinčani uzorci imaju znatno veću izdržljivost u uvjetima slane komore
Vlažna komora (mjerena izdržljivost u satima)	< 360	< 360		< 360			Korozije nema ni na pocinčanim ni nepocinčanim uzorcima nakon 360 sati, uzorci ne zadovoljavaju otpornost na mjehanje manja je od 360 sati s time da je kod prethodno pocinčanih uzoraka puno veća gustoća sitnijih mjehura, a kod nepocinčanih mjehura je manje ali su oni većih dimenzija
Mjerenje prionjivosti (ocjena sukladno normi)	5	4		5	5		prionjivost nakon slane komore je zadovoljavajuća za prethodno pocinčane i nepocinčane uzorke s iznimkom jednog prethodno pocinčanog uzorka nezadovoljavajuća prionjivost prethodno pocinčanih i nepocinčanih uzoraka, nema utjecaja debljine prevlake
Mjerenje prionjivosti vlačnom metodom (oznaka sukladno normi, MPa/%odlijepljene površine)	1,55/10	0,23/99		1,2/100	0,67/10		rezultati prionjivosti ni jednog uzorka nisu zadovoljavajući bez obzira na prethodnu obradu cinčanjem
Ispitivanje otpornosti prevlake na udar, izražena u prosječnoj visini, cm		52			52,5		relativno podjednaki rezultat za obje vrste testnih uzoraka
Ispitivanje sjaja prevlake, %-tni prosjeci	90,47	96,4		93,4			vrijednost sjaja je podjednaka, značajka visokog sjaja