

Modifikacija površine implantnih materijala s ciljem poboljšanja biokompatibilnosti

Nikolina Miličević, Evelina Mustapić

UVOD

Zbog produljenja životnog vijeka stanovništva, u današnje vrijeme, raste potreba za novim tretmanima te novijim i dugotrajnijim implantatima s boljim svojstvima poput biokompatibilnosti, čvrstoće te zadovoljavajuće korozijske otpornosti. Da bi se to postiglo razvijaju se različite tehnike modifikacije implantnih materijala, a jedna od njih je formiranje površinski aktivnih filmova karboksilnih kiselina. Cilj ovog rada je mogućnost formiranja površinski aktivnih filmova omega-3 masnih kiselina na metalima koji se koriste za izradu implantata, nehrđajućeg čelika SS316L, titana te nitinola (legura nikla i titana). Modifikacija površine materijala je provedena s ciljem sprječavanja problema odbacivanja implantata radi upalnih djelovanja i nastanka ugrušaka kod stentova. Krajnji cilj je bio na temelju rezultata primijenjenih tehnika, metoda i analiza detektirati nastanak i trajnost zaštitnih filmova masnih kiselina na površini metala te utvrditi da li poboljšavaju korozijsku otpornost titana, nehrđajućeg čelika i nitinola u fiziološkoj otopini.

EKSPERIMENTALNI DIO

Uzorci metala: nehrđajući čelik SS316L, titan te nitinol

Elektrolit: fiziološka otopina (otopina 0,9% NaCl-a)

SAM: različite koncentracije omega-3 masnih kiselina

Metode ispitivanja zaštitnih svojstava omega-3 masnih kiselina:

1. Elektrokemijska ispitivanja

- DC tehnike
 - Metoda Tafelove ekstrapolacije
 - Metoda linearne polarizacije
- AC tehnike
 - Elektrokemijska impedancijska spektroskopija

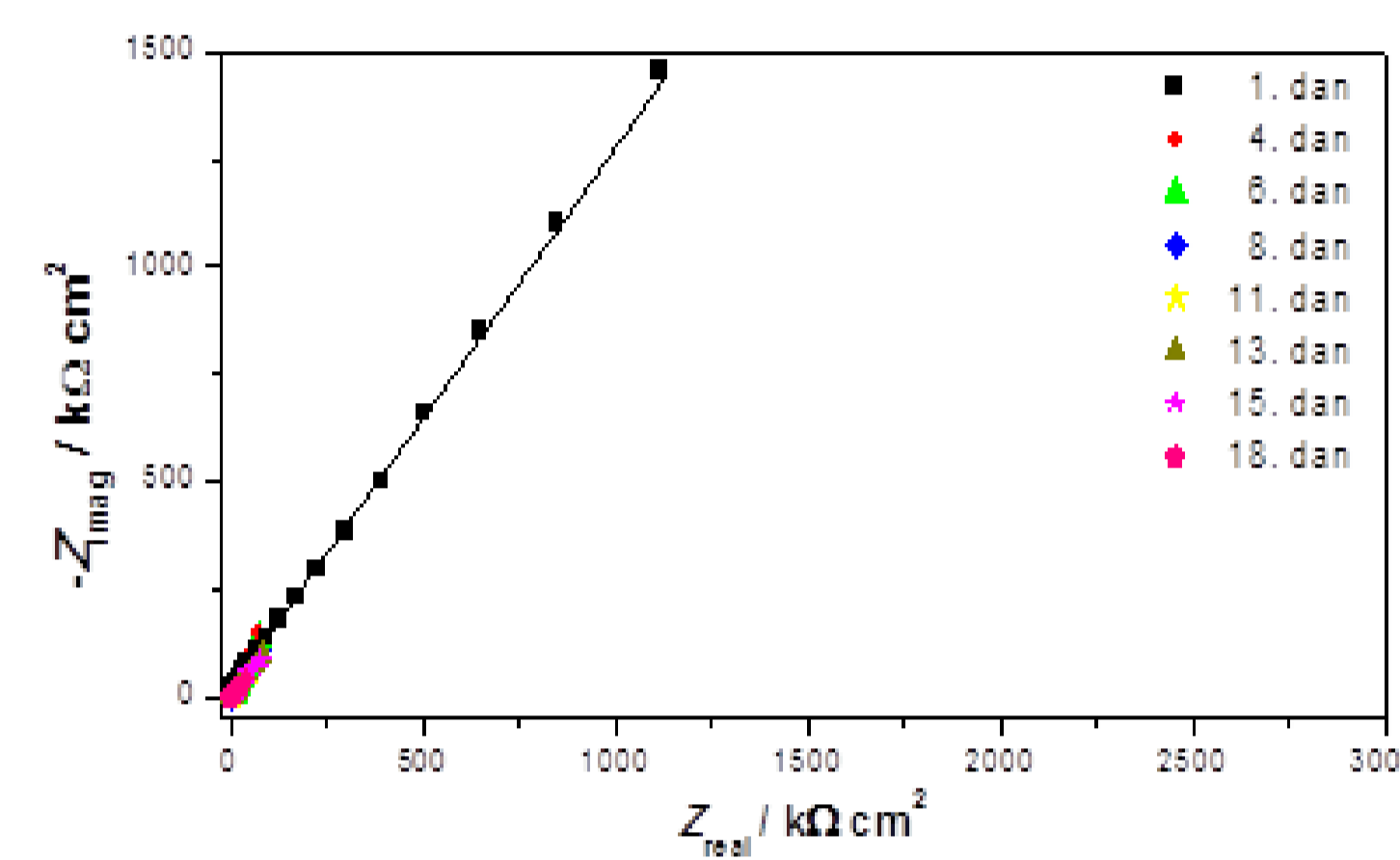
2. Karakterizacija površine:

- Fourier transformacijska infracrvena spektroskopija (FTIR)
- Pretražna elektronska mikroskopija (SEM)
- Metoda mjerenja kontaktnog kuta

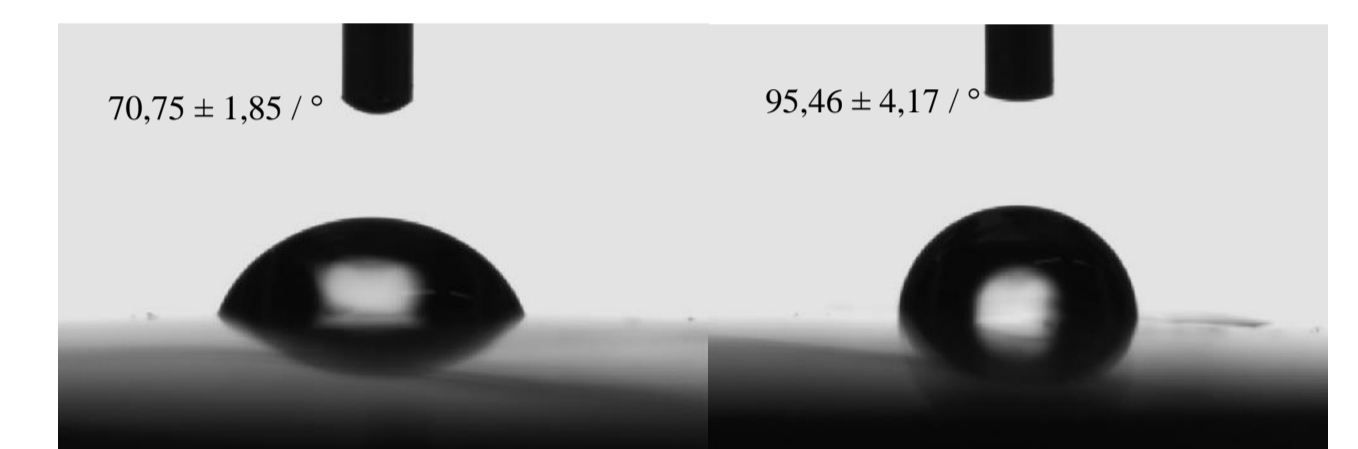
ZAKLJUČAK

Zaštitni filmovi formirani su pri različitim koncentracijama otopine omega-3 masnih kiselina te je utvrđeno kako su najbolji rezultati dobiveni s uzorcima tretiranim s 6,5 g L⁻¹ otopinom omega-3 masne kiseline. Inicijalno film masne kiseline pokazuje najbolja svojstva na nehrđajućem čeliku, no u vremenu dolazi do opadanja korozijske zaštite. S druge strane, filmovi dobiveni na nitinolu pokazuju manju djelotvornost ali su stabilniji u vremenu. Goniometrijom je utvrđena hidrofobna površina tretiranog nehrđajućeg čelika 316L što ukazuje na formiranje tankoga samoorganizirajućeg monosloja omega-3 masnih kiselina. Na temelju rezultata primijenjenih tehnika potvrđuje se postojanje i djelotvornost zaštitnog filma omega-3 masnih kiselina na primjenjivim materijalima što ukazuje na poboljšanu korozijsku otpornost i biokompatibilnost.

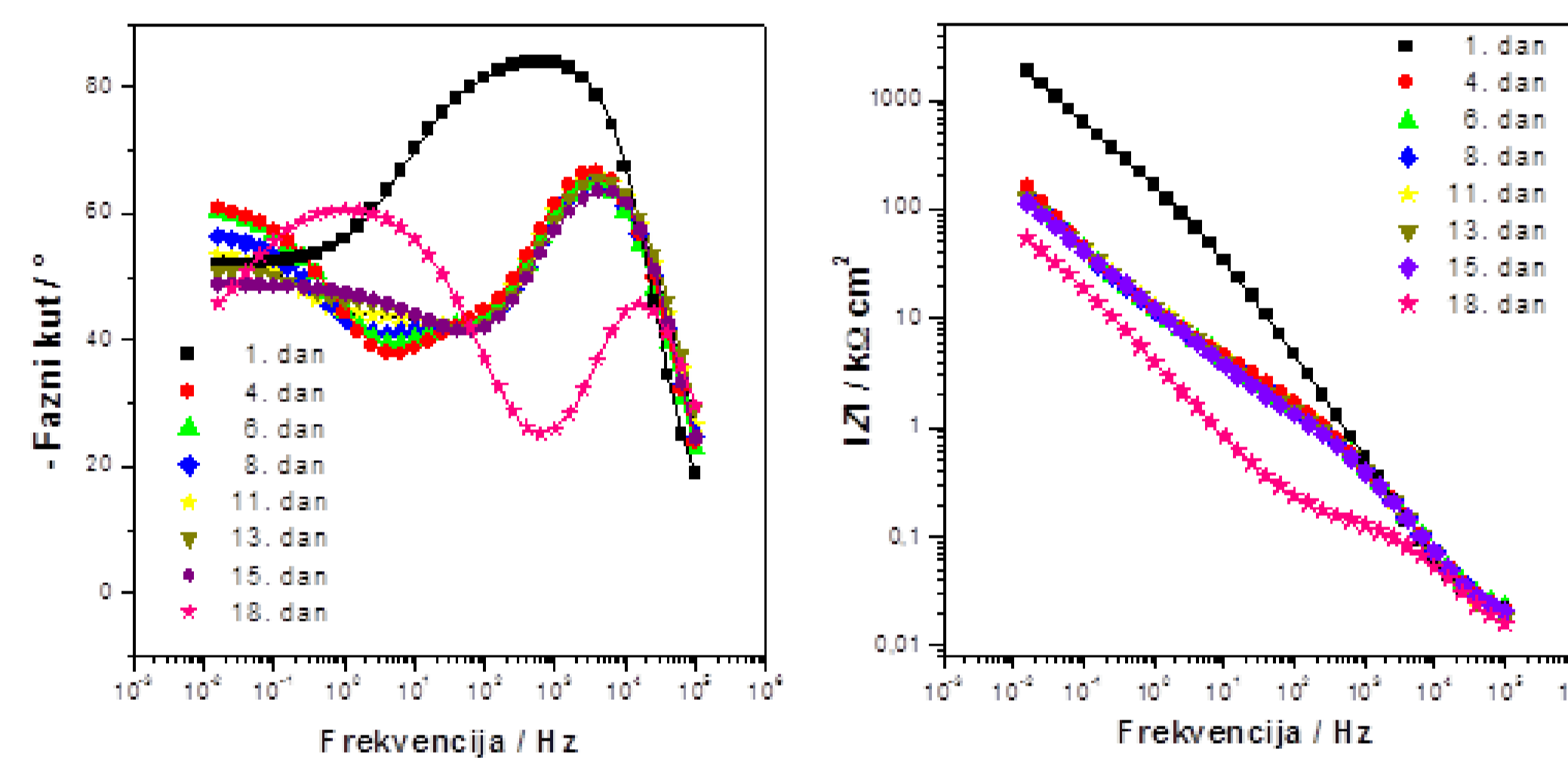
REZULTATI



Slika 1. Nyquistov prikaz impedancijskih krivulja za tretirani uzorak čelika s 6,5 g L⁻¹ omega-3 masnom kiselinom (B)



Slika 2. Kontaktne kut netretiranog uzorka čelika te uzorka čelika tretiranog s 6,5 g L⁻¹ omega-3 masnom kiselinom



Slika 3. Bodeov prikaz impedancijskih krivulja za tretirani uzorak čelika s 6,5 g L⁻¹ omega-3 masnom kiselinom

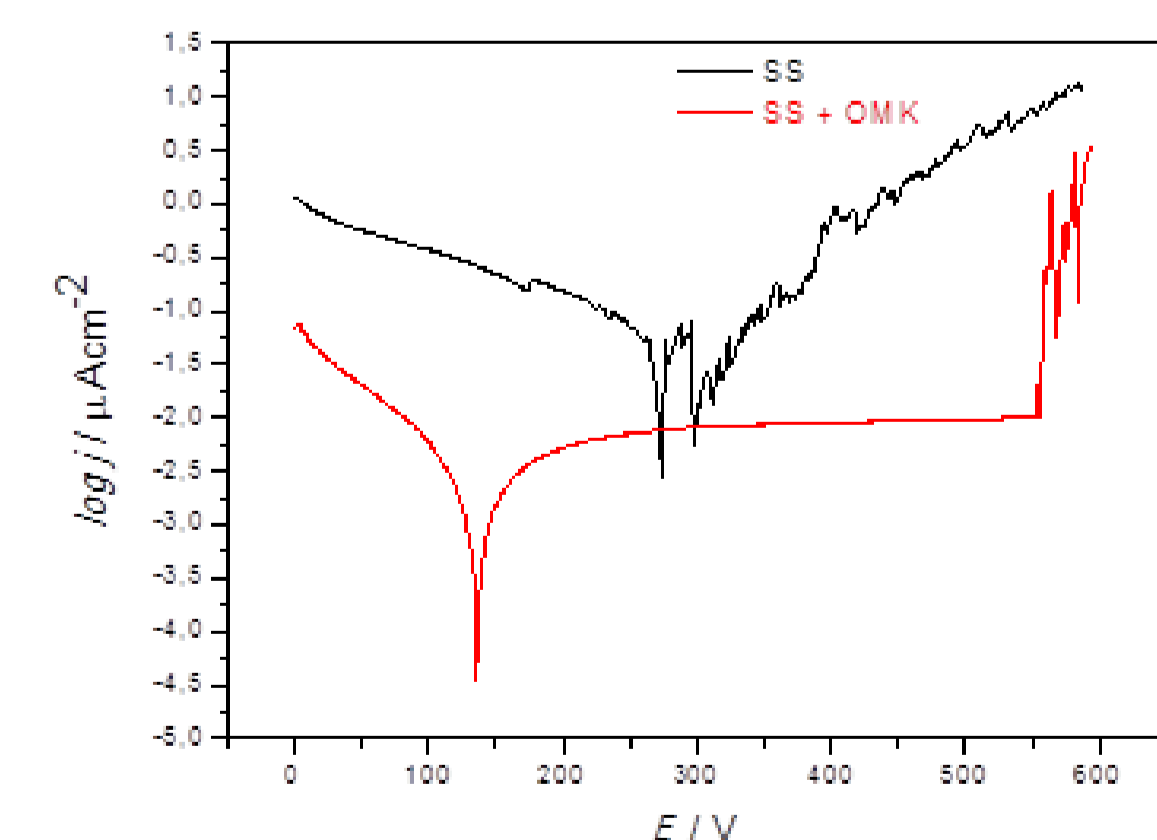
Tablica 1. Impedancijski parametri za uzorak čelika tretiran s 6,5 g L⁻¹ omega-3 masnom kiselinom

Dan	$R_{ct}/k\Omega cm^2$	n_{ct}	$Q_{dl}/\mu s sec^m cm^2$	$R_{ct}/k\Omega cm^2$	n_{ct}	$Q_{dl}/\mu s sec^m cm^2$	$R_{ct}/k\Omega cm^2$	n_{ct}	$Q_{dl}/\mu s sec^m cm^2$
1.	0,022	0,67	0,612	146,9	0,99	0,292	$2,192 \times 10^{17}$	0,55	1,442
4.	1,388	0,87	0,943	8,699	0,66	10,56	$5,027 \times 10^{17}$	0,71	20,35
6.	1,320	0,86	1,067	10,73	0,64	1285	$4,394 \times 10^{17}$	0,72	18,68
8.	1,217	0,86	1,095	17,67	0,60	18,14	$3,417 \times 10^{17}$	0,70	15,63
11.	1,277	0,86	1,106	60,04	0,56	22,78	$6,591 \times 10^{17}$	0,77	8,246
13.	1,057	0,86	1,129	210,1	0,55	27,25	$3,277 \times 10^{16}$	0,94	3,130
15.	0,613	0,90	0,747	0,428	0,97	0,278	$2,406 \times 10^{14}$	0,54	30,24
18.	0,131	0,81	2,392	121,4	0,71	65,48	67,70	1,0	279,2

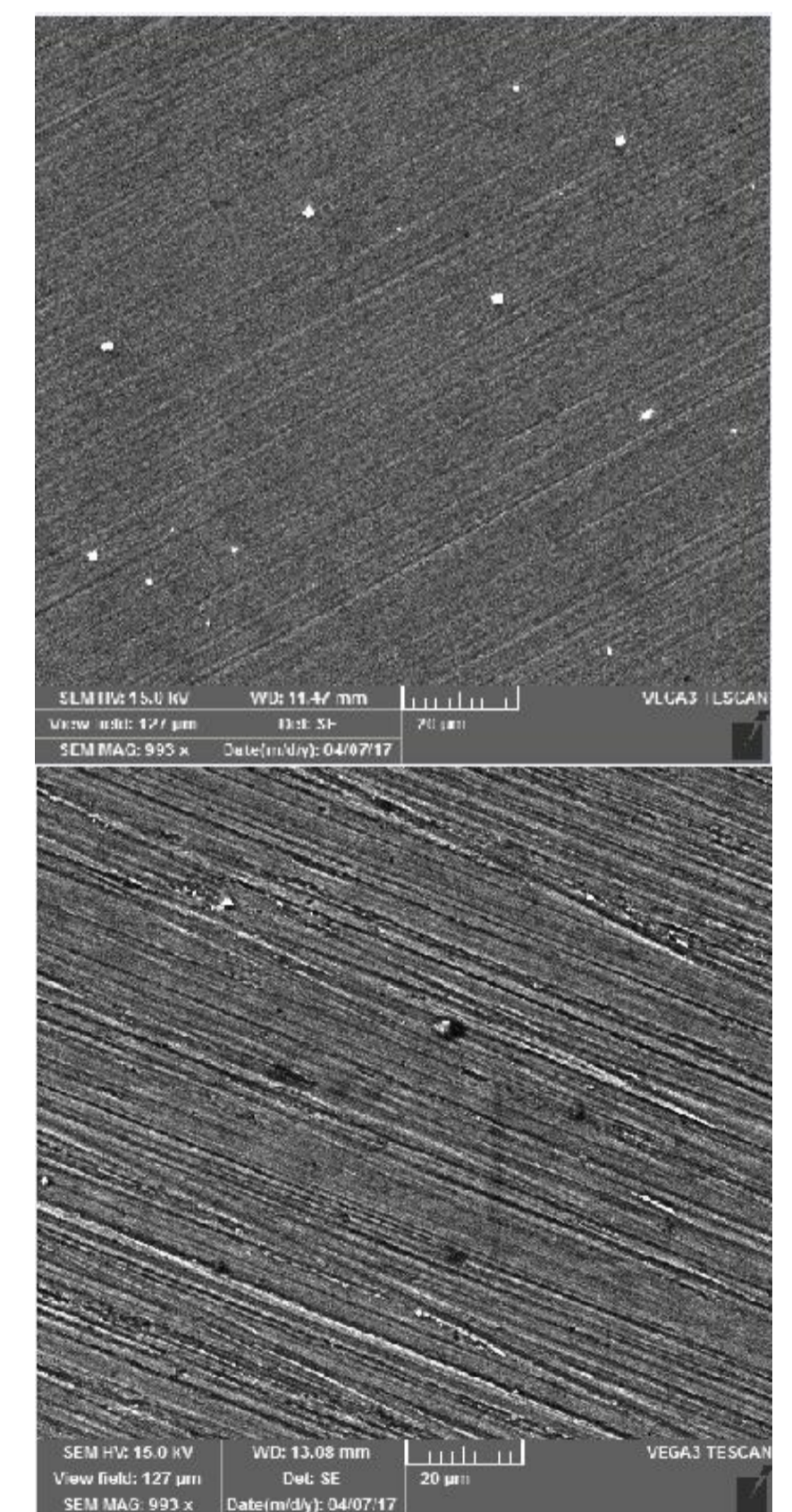
* velika ekstrapolacija mjernih podataka

Tablica 2. Parametri dobiveni iz polarizacijskih krivulja metodom Tafelove ekstrapolacije

Uzorak	E_{oc} (mV)	j_{oc} ($\mu A/cm^2$)	β_a (mV/dek)	$-\beta_c$ (mV/dek)	z (%)
SS	-100,3	0,069	68,4	113,2	
SS + OMK B	-19,5	0,003	114,2	48,4	95,65



Slika 5. Polarizacijske krivulje dobivene metodom Tafelove ekstrapolacije netretiranog uzorka čelika oksidiranog na 80°C te uzorka čelika oksidiranog na isti način i tretiranog s omega-3 masnom kiselinom



Slika 4. Izgled površine dobiven pretražnim elektronskim mikroskopom pri povećanju 1000x netretiranog uzorka titana te uzorka titana tretiranog 6,5 g L⁻¹ omega-3 masnom kiselinom