

OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	Mr Stanica Nedović
Fakultet	Pomorski fakultet Kotor
Studijski program	Pomorske nauke
Broj indeksa	2/20
Podaci o magistarskom radu	Magistrica inženjerka metalurgije i materijala, Prirodno-tehnički fakultet, Univerzitet u Ljubljani 4.7.2019. Ekološko označavanje na području proizvodnje čelika, ekološko označavanje u metalurškoj industriji, Prirodno-tehnički fakultet u Ljubljani, 2019, 6.67)
NASLOV PREDLOŽENE TEME	
Na službenom jeziku	Istraživanje uticaja korozije na čelike č. 4732, č. 4150 i č. 3990 za primenu u morskom okruženju
Na engleskom jeziku	Investigation of the influence of corrosion on steels č. 4722, č. 4150 and č. 3990 for use in the marine environment
Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice	
Naučna oblast doktorske disertacije	Metalurgija – Korozija materijala, Pomorske nauke
Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti	
Pomorski fakultet u Kotoru, Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, Republika Srbija, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Republika Hrvatska	
A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE	
Kandidat mr. Stanica Nedović je pristupila javnoj odbrani polaznih istraživanja doktorske disertacije čiji je naziv „Istraživanje uticaja korozije na čelike č. 4732, č. 4150 i č. 3990 za primenu u morskom okruženju“. Polazna istraživanja predmetne doktorske disertacije, kandidat je branio pred Komisijom u sastavu: 1. Prof. dr. Goran Vukelić, predsjednik komisije, 2. Prof. dr. Tatjana Volkov-Husović, mentor, 3. Prof. dr. Nikola Mihaljević, član komisije. Kandidat je pripremio kvalitetnu power point prezentaciju i u vremenu predviđenom sa svoje izlaganje iznio sve relevantne podatke koje sadrže polazna istraživanja, a koje se tiču izrade buduće doktorske disertacije. Nakon izlaganja kandidata, članovi Komisije su postavljali pitanja na koja je kandidat uspješno	

odgovorio.

Komisija je, nakon svega što je kandidat prezentovao, jednoglasno zaključila da je Stanica Nedović uspješno napisala i odbranila polazna istraživanja doktorske disertacije.

B. OCJENA PODOBNOSTI TEME DOKTORSKE DISERTACIJE

B1. Obrazloženje teme

Čelik je najčešće korišćeni konstrukcioni materijal, sa više od milijardu tona koje se godišnje potroše za različite namene. Ova disertacija biće usmerena na primenu dve vrste čelika: 42CrMo4 (č. 4732) i X210CrW12 (č. 4150) u pomorstvu.

Ispitivanja će biti izvedena na uzorcima konstrukcijskog čelika za poboljšanje 42CrMo4 (č. 4732) koji su obrađivani livenjem - *as cast* u pravougaonom obliku ploče-lima te uzorcima alatnog čelika X210CrW12 (č. 4150) koji su obrađeni livenjem - *as cast* u okruglom obliku diska-šipka.

Mali je broj naučnih radova koji istovremenu uključuje ispitivanja korozije i kavitacionih oštećenja povezanih sa dejstvom morske vode iste vrste materijala. U okviru ove teme, upravo će biti fokus na analizi sličnosti i razlika u ponašanju uzoraka čelika izloženih koroziji u morskoj vodi, kao i kavitacionoj eroziji. Posebna pažnja će biti posvećena analizi morfoloških parametara koji opisuju stanje površine uzoraka nakon provedenih ispitivanja. Takođe, pored praćenja površine uzoraka, biće sprovedena i mehanička ispitivanja, kao što je određivanje pritisne i zatezne čvrstoće i tvdoće.

B2. Cilj i hipoteze

Planirano istraživanje obuhvataće definisanje karakteristika čelika 42CrMo4 (č. 4732) i X210CrW12 (č. 4150) pre ispitivanja, kao i u nakon provedenog ispitivanja korozije u morskom okruženju. Biće analizirane promene hemijskog sastava, utvrđene procene pouzdanosti materijala, istražena mikrostruktura materijala, istražene mehaničkih osobina primenjenih materijala u toku korozije u morskoj vodi.

Kavitaciona ispitivanja će biti izvršena na uzorcima pre ispitivanja korozije, kao referentni podatak, i posle izlaganja morskoj vodi u trajanju od 60 (180) dana. Biće analiziran uticaj korozije na kavitacionu eroziju uzoraka posle dejstva morske vode.

U okviru disertacije biće ispitano postojanje korelacije između degradacije površine uzoraka usled korozije i kavitacione erozije kao posledice izlaganja morskoj vodi.

Hipoteze:

1. Moguće je uspostaviti model povezivanja degradacije površine materijala izloženog korozivnom okolišu sa mehaničkim svojstvima.
2. Moguće je uspostaviti model koji povezuje ponašanje osnovnog materijala sa materijalom izloženog koroziji.
3. Moguće je uspostaviti model odabira najznačajnijih morfoloških karakteristika za karakterizaciju strukture uzoraka posle dejstva korozije i kavitacije.
4. Moguće je dobivenim rezultatima razviti proceduru i model za određivanje pouzdanosti i veka trajanja uzoraka u navedenim uslovima korozije.

B3. Metode i plan istraživanja

U ostvarivanju ciljeva i testiranja hipoteza ovog istraživanja koristiće se sledeći materijali i metode:

I – Materijal

Materijal će biti nabavljen sa strane fabrike oružja Tara u Mojkovcu. Svi uzorci čelika 42CrMo4 (č. 4732) i X210CrW12 (č. 4150) neće se termički obrađivati, već će biti u sirovom stanju tokom svih ispitivanja.

Uzorci će biti upotrebljeni za istraživanje ponašanja materijala u morskoj vodi u vremenskom periodu nakon 0, 30, 60, 90, 120 i 180 dana. Upotrebiće se 24 uzorka (za svaki čelik po 12 uzoraka koji će biti istraživani u periodu od početka eksperimenta do 180 dana). Deo uzoraka će bit iskorišćen za ispitivanje kavitacione erozije (pre ispitivanja korozije, i posle 90/120 dana).

II – Metodologija i metode istraživanja

Mikrostruktura uzoraka analiziraće se metodom skenirg elektronskog mikroskopa (SEM) korišćenjem JOEL JSM-6390Lv mikroskopa. Uzorci pre i nakon korozionih ispitivanja kao i kavitaciono erozionog testa biće snimani na optičkom mikroskopu i na SEM-u.

Uzorci će biti potopljeni u morsku vodu. Nakon 30, 60, 90, 120 i 180 dana izlaganja dejstvu morske vode biće urađene SEM mikrofotografije i EDX analiza. Dobijeni hemijski sastav će poslužiti kao osnova za proračun pouzdanosti uzoraka. Mikrofotografije će biti analizirane radi određivanja optimalnog broja morfoloških parametara koji najbolje definišu promene u strukturi uzoraka.

Kavitaciona erozija uzoraka biće određena primenom ultrazvučne vibracione metode (sa stacionarnim uzorkom) prema standardu ASTM G-32. Izbor karakterističnih parametara za ovu metodu kao što su frekvenca vibracije talasovoda, temperatura tečnosti, udaljenost uzorka od čeonu površine talasovoda, karakteristike tečnosti izabraće se u skladu sa standardom.

Da bi se ocenila otpornost površine uzorka na kavitacionu eroziju ispitiću se površina uzorka pre i za vreme testiranja. Interval izlaganja uzorka dejstvu kavitacije i vreme testiranja biće (min): 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80. Uzorci će se snimati pre i za vreme testiranja. Pre i posle svakog intervala testiranja uzorci će se sušiti na 110 °C jedan sat. Da bi se dobila kriva erozije posle svakog intervala izlaganja vršiću se merenje uzoraka. Masa testiranih uzoraka meriću se korišćenjem analitičke vage sa preciznošću od ± 0.1 mg.

Analiza površinske degradacije uzorka biće određena primenom programa za analizu slike Image pro Plus. Ovaj program omogućava analizu slike površine uzorka u bilo kom poznatom formatu za slike (TIFF, JPEG, BMP, TGA). Program automatski identifikuje, meri i klasifikuje podatke o analiziranom objektu. Na osnovu podataka korišćenjem programa Excel vršiću se statistička obrada podataka i biće dat grafički prikaz dobijenih rezultata.

Na osnovu dobijenih dijagrama zavisnosti gubitka mase uzorka u vremenu kavitaciono erozionog testa može da se analizira nivo oštećenja uzoraka. Rezultati ispitivanja biće prikazani na dijagramu zavisnosti površinskog nivoa degradacije uzorka (P/P_0) i vremena kavitaciono erozionog testa. Vrednost P_0 predstavlja referentnu površinu bez pojave degradacije (površina bez nedostataka). Vrednosti za P predstavljaju oštećenja na površini uzorka nastala tokom testiranja na kavitacionu eroziju. Ocena ponašanja ispitivanog materijala na uticaj kavitacione erozije može da se analizira na osnovu korelacije ovih rezultata ispitivanja sa strukturom i svojstvima materijala. Rezultati oštećenja površine uzorka u vremenu dejstva kavitacione erozije biće ilustrovani dijagramima. Pratiće se i meriće se sledeći pokazatelji oštećenja površine uzoraka tokom kavitaciono erozionog testa: gubitak mase uzoraka; promena površine uzoraka pri čemu će se analizirati i oceniće se degradacija površine uzoraka korišćenjem IPP linije profila, odrediće se broj formiranih jamica N_p i srednja površina oštećenja (jamica) P_{av} nastalih tokom kavitaciono erozionog testa.

Slična metodologija kao za praćenje kavitacione erozije biće primenjena za analizu površine uzoraka posle korozije u morskoj vodi.

III – Plan istraživanja

Prva faza istraživanja obuhvataće pregled raspoložive literature i saznanja sa teorijskog aspekta istraživanih legura, korozije i procesa korozivnog oštećenja materijala.

U drugoj fazi analiziraće se mikrostruktura čelika koja će biti istraživana optičkim i elektronskim skenirajućim mikroskopom SEM (scanning electron microscopy). Biće sprovedena ispitivanja korozije u morskoj vodi odabranih uzoraka, kao i ispitivanje kavitacione erozije pre izlaganja i posle izlaganja morskoj vodi (180 dana).

- U trećoj fazi izvest će se mehanička ispitivanja čelika X210CrW12 (č. 4150) prema standardu za ispitivanje zatezanjem metala ISO 2768-1/m (epruvete okruglog preseka) kao i ispitivanje čelika 42CrMo4 (č.4732) prema standardu za ispitivanje zatezanjem JUS C. A4.002 1954 (epruvete vađene iz limova ispod 5 mm debljine). Takođe će se meriti tvrdoća po Brinellu, Vickersu i Rockwellu. Eksperimentalni uređaji za merenje tvrdoće sastoje se iz Briro (Reicherter) aparata za merenje tvrdoće po Rockwellu i Briviskop aparata za merenje tvrdoće po Brinellu i Vickersu. Meriće se udarna žilavost čelika prema standardu za ispitivanje žilavosti po Šarpiju JUS C. A4.004 1954.

IV – Publikovanje rezultata

Priprema i publikovanje naučnog članka u međunarodnom časopisu sa SCI liste. Pripremanje, predaja i odbrana doktorske disertacije

B4. Naučni doprinos

Praćenje ponašanja uzoraka čelika u morskoj vodi i analiza njihovog ponašanje će biti praćena na dva načina: praćenjem degradacije površine uzoraka i promenom hemijskog sastava i praćenjem promene mehaničkih svojstava. Biće predložen model povezivanja degradacije površine sa

mehaničkim svojstvima u cilju predviđanja veka trajanja uzorka u uslovima korozije u morskoj vodi.

Ispitivanje kavitacione erozije uzoraka biće određeno pre dejstva korozije u morskoj vodi, i posle izlaganja morskoj vodi u trajanju od 180 dana. Biće predloženi modeli koji povezuju ponašanje osnovnog materijala sa materijalom izloženog koroziji.

U okviru disertacije biće predstavljeni modeli odabira najznačajnijih morfoloških karakteristika za karakterizaciju strukture uzoraka posle dejstva korozije i kavitacije. Dobijeni rezultati biće korišćeni za razvoj procedure i predlog modela za određivanje pouzdanosti i veka trajanja uzoraka u navedenim uslovima.

B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja

Samofinansiranje. Saradnja sa profesorima sa Pomorskog fakulteta Univerziteta Crne Gore kao i sa profesorima sa Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Pomorskog fakulteta u Rijeci, Republika Hrvatska i fabrike oružja Tara u Mojkovcu.

Mišljenje i prijedlog komisije

Komisija je jednoglasna u oceni da je kandidatkinja Stanica Nedović uspešno napisala i odbranila polazna istraživanja doktorske disertacije. Istraživanje materijala na bazi čelika i danas zauzima posebnu pažnju istraživača u raznim oblastima, jer je aktuelna, disertabilna, značajna za industriju, ekologiju, itd.

U literaturi se nalazi mali broj radova koji istovremeno proučavaju koroziju i kavitaciju u morskom okruženju. U okviru ove disertacije će biti ispitivana korozija i kavitaciona otpornost u morskom okruženju dva uzorka čelika. Takođe, deo istraživanja u okviru ove doktorske disertacije biće posvećen definisanju metodologije ispitivanja i praćenja stepena degradacije uzoraka izazvanih korozijom i kavitacionom erozijom u morskoj vodi.

Cilj je da se dobiju odgovarajući parametri i uspostavi procedura koja će dati najviše podataka o ponašanju odabrane grupe čelika u uslovima korozije i kavitacije u morskom okruženju.

Mišljenja smo da kandidatkinja može nastaviti sa daljim procedurama i izradom dokorskog rada.

Prijedlog izmjene naslova

Istraživanje uticaja korozije na čelike 42CrMo4 (č.4732) i X210CrW12 (č. 4150) za primenu u morskom okruženju

Investigation of the influence of corrosion on steels 42CrMo4 (č.4732) and X210CrW12 (č. 4150) for use in the marine environment

Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora

-

Planirana odbrana doktorske disertacije		
2024.		
Izdvojeno mišljenje		
-		
Napomena		
ZAKLJUČAK		
Predložena tema po svom sadržaju odgovara nivou doktorskih studija.	<u>DA</u>	NE
Tema je originalan naučno-istraživački rad koji odgovara međunarodnim kriterijumima kvaliteta disertacije.	<u>DA</u>	NE
Kandidat može na osnovu sopstvenog akademskog kvaliteta i stečenog znanja da uz adekvatno mentorsko vođenje realizuje postavljeni cilj i dokaže hipoteze.	<u>DA</u>	NE
Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata		
Prof. Dr. Goran Vukelić, Pomorski fakultet u Rijeci, Republika Hrvatska	_____	
Prof. Dr. Tatjana Volkov Husović, Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu, Republika Srbija , mentor	_____	
Prof. Dr. Nikola Mihaljević, Pomorski fakultet u Kotoru, Crna Gora , član komisije	_____	
U Kotoru, 18.07.2023. godine DEKAN _____ MP		

PRILOG

PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA	
Prof. dr. Goran Vukelić, Pomorski fakultet u Rijeci, Republika Hrvatska, predsednik komisije	1. Hoće li se istraživanja provoditi u stvarnom morskom okolišu ili u laboratorijskom uvjetima gdje će se morski okoliš simulirati? 2. Kolika je opravdanost ispitivanja čelika č.3990 u morskom okruženju? 3. Kako prilagoditi teoriju pouzdanosti na primjenu kod korozije ispitnih uzoraka, a ne stvarnih konstrukcija u pogonu? 4. Obrazložiti cilj istraživanja, tj. navesti konkretan rezultat predloženog istraživanja. 5. Hipoteze prilagoditi konkretnom istraživanju kako bi opisale stvarne, a ne uopćene, izazove na koje istraživanje želi dati odgovore. 6. Koji broj uzoraka će se koristiti za ispitivanje i u kojem će vremenskom rasponu biti izloženi utjecaju korozije?
Prof. dr. Tatjana Volkov Husović, Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu, Republika Srbija , mentor	1. Koristiti SI sustav za označavanje ispitivanih materijala. 2. Kakve odgovore o stanju materijala nakon izlaganja korozivnom okolišu će dati mikroskopska analiza? 3. Razlika ispitivanja u morskoj vodi ili laboratoriju?
Prof. Dr. Nikola Mihaljević, Pomorski fakultet u Kotoru, Crna Gora , član komisije	1. Opis postupka ispitivanja EDX metodom i predstavljanje dobivenih rezultata?
PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
ZNAČAJNI KOMENTARI	