

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, održanoj 21.06.2012. godine, određeni smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Milice Vlahović, dipl. inž. tehnologije, pod naslovom **„Sinteza betona na bazi sekundarnog sumpora i ispitivanje njegove otpornosti u agresivnoj sredini”**.

Posle pregleda doktorske disertacije kandidata mr Milice Vlahović, dipl. inž. tehnologije, Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta sledeći

I Z V E Š T A J

O urađenoj doktorskoj disertaciji

1. UVOD

Naslov i obim disertacije

Doktorska disertacija kandidata mr Milice Vlahović, dipl. inž. tehnologije, napisana je na 242 strane, u okviru kojih se nalazi 107 slika, 17 tabela i 191 literaturni navod. Doktorska disertacija kandidata mr Milice Vlahović, dipl. inž. tehnologije, sadrži pet celina: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju i Zaključak. Takođe, sadrži kratak izvod na srpskom i engleskom jeziku, Literaturu posle svake celine i biografiju autora.

Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- 12.7.2011. godine - Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o prihvatanju predloga teme doktorske disertacije mr Milice Vlahović, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom **„Sinteza betona na bazi sekundarnog sumpora i ispitivanje njegove otpornosti u agresivnoj sredini”** i za mentora ove doktorske disertacije imenovanaje dr Tatjana Volkov Husović, red. prof. TMF.

- 26.9.2011. godine – Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka (Univerzitet u Beogradu) data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije mr Milice Vlahović, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom **„Sinteza betona na bazi sekundarnog sumpora i ispitivanje njegove otpornosti u agresivnoj sredini”**.

- 21.6.2012. godine – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Milice Vlahović, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom **„Sinteza betona na bazi sekundarnog sumpora i ispitivanje njegove otpornosti u agresivnoj sredini”**.

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju oblasti Hemija i hemijska tehnologija za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

Biografski podaci o kandidatu

Mr Milica Vlahović, dipl. inž. tehnologije rođena je 30.12.1965. u Beogradu. Osnovnu školu i V gimnaziju završila je u Beogradu. Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu, odsek za neorgansku hemijsku tehnologiju završila je 1992. god. sa prosečnom ocenom studiranja 8,70. Milica Vlahović zaposlila se 1992. na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu na Katedri za opštu i neorgansku hemiju. Od 1993. zaposlena je u Institutu za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS) u Beogradu u Centru za hemijske tehnologije Sektora za metalurgiju i hemijsko inženjerstvo. Milica Vlahović je 2001. godine na Katedri za neorgansku hemijsku tehnologiju, Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, odbranila magistarsku tezu, pod nazivom: "Efekti mehanohemijske aktivacije sirovina na dobijanje i osobine lakotopivih stakala".

Po prijemu u ITNMS, Milica Vlahović je uključena u projekte koje su finansirali Ministarstvo za nauku, tehnologiju i razvoj, Republike Srbije. U toku dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada, Milica Vlahović aktivno radi u oblasti razvoja, dobijanja, karakterizacije i primene kompozitnih materijala, na razvoju tehnoloških postupaka za proizvodnju sirovina i proizvoda za potrebe farmaceutske, kozmetičke i prehrambene industrije, na programu laboratorijskih postupaka neorganskih hemijskih sinteza, kao i u oblasti zaštite životne sredine-tretman otpada itd.

Kandidat Milica Vlahović je u toku svog dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada objavila kao autor ili koautor više naučnih radova na domaćim i stranim stručnim konferencijama, kao i u domaćim i stranim časopisima.

Od stranih jezika kandidat zna engleski, francuski i ruski.

2. OPIS DISERTACIJE

Doktorska disertacija kandidata sadrži pet celina: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju i Zaključak. Na početku disertacije dat je kratak Izvod na srpskom i engleskom jeziku, dok su na kraju svakog poglavlja dati navodi literature, a na samom kraju data je i biografija autora.

Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U okviru Uvoda predstavljen je problem koji se odnosi na sve strožije propise vezane za zaštitu životne sredine, koji su usloveli intenzivno razvijanje tehnologija i metoda za uklanjanje sumpora iz prirodnog gasa, sirove nafte i naftnih derivata. Kao rezultat, usledila je separacija i akumulacija velikih i rastućih količina sumpora iz nafte i prirodnog gasa. Jedna od najpopularnijih primena sekundarnog sumpora iz procesa rafinacije nafte u današnje vreme je za dobijanje modifikovanog sumpornog veziva koje se pretežno koristi za proizvodnju betona za raznovrsne primene. Sumporni beton je relativno nov građevinski material koji može da zameni konvencionalni beton na bazi Portland cementa kao veziva u različitim granama građevinarstva. Savremena iskustva širom sveta pokazuju da beton sa sumporom kao vezivom umesto cementa ima značajne fizičko-mehaničke prednosti u poređenju sa Portland cementnim betonom. Sumporni beton je već u upotrebi u SAD i Kanadi, ali ne u Evropi, tako da bi njegova primena u našoj zemlji predstavljala pionirski korak. Analize svetskih tržišta pokazuju da se najveća

potrošnja sumpora očekuje za proizvodnju sumpornog betona, što zahteva minimalna ulaganja, a predstavlja adekvatnu, a u nekim slučajevima bolju zamenu za Portland cementni beton.

U okviru Teorijskog dela data su tri poglavlja koja se odnose na sumpor, zatim beton i asfalt na bazi sumpora, kao dva najčešća proizvoda za čiju se izradu koristi sekundarni sumpor. U okviru poglavlja vezanog za sumpor dat je istorijat i otkriće sumpora, izvori sumpora i njegova nalazišta u prirodi, predstavljeni su postupci dobijanja sumpora, mogućnosti valorizacije sekundarnog sumpora kao primena sekundarnog sumpora u građevinarstvu. U okviru poglavlja vezanog za beton na bazi sumpora, data su dva podpoglavlja, korišćenje elementarnog i modifikovanog sumpora u cilju dobijanja betona na bazi sumpora. Treće poglavlje odnosi se na asfalt na bazi sumpora.

Eksperimentalni deo čine pet poglavlja: Metodologija eksperimentalnog rada, Eksperimentalne metode karakterizacije, Sinteza betona na bazi sumpora, Dobijanje uzoraka referentnog materijala- Portland cementnog betona i Ispitivanje otpornosti betona u agresivnoj sredini.

U okviru Rezultata i diskusije, predstavljeno je tri poglavlja.

Prvo poglavlje odnosi se na Selekcione eksperimente. U okviru ovog poglavlja objašnjena je otpornost sumpornog betona sa različitim puniocima u tri agresivne sredine (Svojstva netretiranih uzoraka betona na bazi sumpora, vizuelna inspekcija uzoraka, Tumačenje otpornosti betona na bazi sumpora u kiseloj i slanoj sredini, promena mase, degradacija mehaničke čvrstoće, prividna poroznost betona na bazi sumpora), zatim otpornost Portland cementnog betona u tri agresivne sredine. Takođe, dat je zaključak selekcionih eksperimenata.

Drugo poglavlja posvećeno je Otpornosti betona na bazi sumpora sa glinicom i referentnog, Portland cementnog betona u hlorovodoničnoj kiselini. U okviru ovog poglavlja data je: degradacija mehaničke čvrstoće i gubitak mase, analiza slike površine uzoraka snimljenih digitalnom kamerom (makro i mikroanaliza slike, zavisnost mehaničke čvrstoće od stepena destrukcije površine uzoraka, modelovanje promene mehaničke čvrstoće i zaključci za dobijene rezultate metodom analize slike snimljene digitalnom kamerom), analiza slike površine i unutrašnosti uzoraka snimljenih stereomikroskopom (makro i mikroanaliza slike, zavisnost mehaničke čvrstoće od stepena destrukcije površine i unutrašnosti uzoraka i zaključci za dobijene rezultate metodom analize slike snimljene stereomikroskopom). Takođe, u okviru poglavlja dati su rezultati ultrazvučnih merenja (promena brzina ultrazvuka, analiza homogenosti uzoraka, modelovanje promene mehaničke čvrstoće i zaključci rezultata ultrazvučnih merenja), matematička morfološka analiza površine i unutrašnjosti uzoraka snimljenih stereomikroskopom (analiza dobijenih rezultata za sumporni beton, Portland-cementni beton i poređenje sumpornog i Portland cementnog betona-zbirna analiza). Takođe, dati su rezultati SEM za beton na bazi sumpora i Portland cementni beton, kao i poređenje dobijenih rezultata. Termovizijska analiza prikazana je za sumporni beton i Portland cementni beton posebno, a dati su i rezultati poređenja ovih materijala.

Kada je u pitanju izbor agensa ubrzane destrukcije za neorganske materijale, opredeljujući faktor može biti agresivnost same supstance, pri čemu tipičan izbor predstavljaju jake kiseline ili baze. U okviru ispitivanja, odnosno selekcionih eksperimenata, da bi se izabrao agens ubrzane destrukcije, korišćeni su hlorovodonična kiselina, sumporna kiselina i natrijumhlorid. Najpouzdaniji i reproduktivni rezultati dobijeni su prilikom tretiranja hlorovodoničnom kiselinom. Drugi selekциони eksperiment je urađen korišćenjem hlorovodonične kiseline i ispitivanjem vremena potrebnog za potpunu degradaciju referentnog

materijala, Portland cementnog betona. Rezultati su pokazali da je referentni materijal izgubio svojstva posle 21 dan tretmana, a da je sumporni beton zadržao svojstva i posle godinu dana tretmana. Selekcioni eksperimenti su odredili i vreme tretmana i punioc. Na taj način, posle selekcionih eksperimenata bili su jasno definisani materijal, agens ubrzane destrukcije i vreme tretmana.

Pri ispitivanju svojstava materijala, kao i izboru metoda kvantifikacije promena svojstava, odstupilo se od klasičnog načina. Ideja je bila da se primeni veći broj destruktivnih i nedestruktivnih metoda i korelišu svojstva materijala sa strukturom. Struktura dobijenog materijala je kvantifikovana metodologijom kvantifikacije vizuelnih informacija pri čemu su korišćene slike dobijene optičkim i skenirajućim elektronskim mikroskopom. U istraživačkom smislu, to znači da su svojstva strukture materijala analizirana različitim rezolucijama. Za ispitivanje ponašanja materijala pod dejstvom agensa ubrzane destrukcije korišćene su i ultrazvučna metoda kao metoda za definisanje promena homogenosti uzoraka tokom vremena i termovizija za ispitivanje termičkih svojstava.

Rezultati mehaničkih ispitivanja su pokazali da je sumporni beton posedovao i sačuvao zadovoljavajuća mehanička svojstva i posle šest meseci tretmana.

Na osnovu ultrazvučnih ispitivanja, zaključeno je da su se posle određenog vremena desile značajne kvalitativne promene u strukturi sumpornog betona, pri čemu je najintenzivnija promena homogenosti u prvih 21 dan delovanja agensa ubrzane destrukcije, posle čega njegovo dejstvo slabi. To je ukazalo na rearanžiranje sastojaka u materijalu.

Skening elektronska mikroskopija pokazala je rearanžiranje strukture tokom vremena. Primenjena je i energodisperzivna X-ray elementarna analiza (EDS). Jedna od metoda, mapiranje, je pokazala koncentrisanje sumpora na određenim lokacijama. Zaključak SEM analize bi bio da delovanjem agensa ubrzane destrukcije dolazi do rearanžiranja, a da u tome glavnu ulogu ima sumpor.

Rezultati termovizijske analize su ukazali na postojanje značajnih strukturnih razlika između uzoraka sumpornog betona tretiranih 0, 21 i 180 dana.

U okviru posebnog, trećeg poglavlja data je sinteza asfalta na bazi modifikovanog sumpora. Poglavlje sadrži karakterizaciju sirovina, postupak sinteze kao i ispitivanje dobijenih uzoraka, kao i zaključke.

U okviru Zaključka predstavljena su najvažnija zapažanja.

3. OCENA DISERTACIJE

Savremenost, originalnost i značaj

U literaturi postoji veoma mali broj radova koji se odnosi na problematiku vezanu za betone na bazi sumpora. Tako je u okviru ove doktorske disertacije izazov u istraživanjima pre svega predstavljala sinteza betona na bazi sumpora. Takođe, većina uobičajenih ispitivanja za betone, kao pre svega građevinske materijale, uslovljena je uslovima rada, koji podrazumevaju dejstva agresivne sredine. U prvom delu ispitivanja razmatrano je ponašanje sintetizovanog betona na bazi sumpora sa različitim dodacima u različitim sredinama.

U prikazanim istraživanjima analiziran je aspekt primene sumpora kao veziva u betonima čije su mogućnosti primene široke. Polazna osnova je bila činjenica da je sumpor poznat kao vezivna supstanca i da ga je sasvim moguće koristiti kao vezivno sredstvo u građevinskim

materijalima. Prva istraživanja su bila usmerena ka modifikaciji sumpora za primenu u sumpornom betonu. Sledeći korak je bio analiza tehnologija odnosno procesa dobijanja sumpornog betona u cilju optimizacije tehnoloških parametara radi dobijanja kvalitetnog materijala. Usledilo je ispitivanje svojstava dobijenog materijala i, što je u ovom slučaju bilo značajnije, održivosti kvaliteta novodobijenog materijala tokom eksploatacije. Poznata je činjenica da pod dejstvom atmosferilija svi materijali, pa i građevinski, doživljavaju određeni stepen destrukcije, pa samim tim i degradacije osnovnih svojstava. Kad je reč o metalima, ti procesi su poznati kao korozija, što se može generalizovati na sve neorganske materijale. Kada su u pitanju organski materijali, taj proces je poznat kao starenje materijala pod dejstvom spoljnih faktora. Druga činjenica je da u vremenu povećanog atmosferskog, vodenog i zemljišnog zagađenja postoje indukovani procesi ubrzavanja korozije, odnosno starenja, tako da je prirodno bilo da se ispitivanje novodobijenog materijala, sumpornog betona, usmeri ka analizi njegovog ponašanja u prisistvu agensa ubrzane destrukcije.

Pri primeni ove metodologije postoje dva ključna elementa. Prvi je izbor supstance kao agensa ubrzane destrukcije, a drugi izbor metoda, metodologije praćenja i kvantifikovanja promena koje se dešavaju pod uticajem izabranog agensa.

Kada je u pitanju izbor agensa ubrzane destrukcije za neorganske materijale, opredeljujući faktor može biti agresivnost same supstance, pri čemu tipičan izbor predstavljaju jake kiseline ili baze. U okviru ispitivanja, odnosno selekcionih eksperimenata, da bi se izabrao agens ubrzane destrukcije, korišćeni su hlorovodonična kiselina, sumporna kiselina i natrijumhlorid. Najpouzdaniji i reproduktivni rezultati dobijeni su prilikom tretiranja hlorovodoničnom kiselinom. Drugi selekциони eksperiment je urađen korišćenjem hlorovodonične kiseline i ispitivanjem vremena potrebnog za potpunu degradaciju referentnog materijala, Portland cementnog betona. Rezultati su pokazali da je referentni materijal izgubio svojstva posle 21 dan tretmana, a da je sumporni beton zadržao svojstva i posle godinu dana tretmana. Selekcioni eksperimenti su odredili i vreme tretmana i punioc. Na taj način, posle selekcionih eksperimenata bili su jasno definisani materijal, agens ubrzane destrukcije i vreme tretmana.

Pri ispitivanju svojstava materijala, kao i izboru metoda kvantifikacije promena svojstava, odstupilo se od klasičnog načina. Ideja je bila da se primeni veći broj destruktivnih i nedestruktivnih metoda i korelišu svojstva materijala sa strukturom. Struktura dobijenog materijala je kvantifikovana metodologijom kvantifikacije vizuelnih informacija pri čemu su korišćene slike dobijene optičkim i skenirajućim elektronskim mikroskopom. U istraživačkom smislu, to znači da su svojstva strukture materijala analizirana različitim rezolucijama. Takođe, dati su modeli koji se baziraju na različitim primenjenim metodama praćenja stepena destrukcije uzoraka tokom ispitivanja. Primena ove metodologije nije do sada zapažena u literaturi za ove vrste materijala, kao ni za ispitivanja korozione otpornosti. Komisija smatra da ovi elementi, pored same sinteze uzoraka betona na bazi sumpora, upravo i predstavljaju originalni naučni doprinos kandidata, što je i verifikano kroz veći broj radova publikovanim u međunarodnim časopisima. Za ispitivanje ponašanja materijala pod dejstvom agensa ubrzane destrukcije korišćene su i ultrazvučna metoda kao metoda za definisanje promena homogenosti uzoraka tokom vremena i termovizija za ispitivanje termičkih svojstava. Rezultati mehaničkih ispitivanja su pokazali da je sumporni beton posedovao i sačuvao zadovoljavajuća mehanička svojstva i posle šest meseci tretmana.

Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U ovoj disertaciji naveden je 191 literaturni navod, korišćen prilikom izrade. Navedeni naučni radovi sa tematikom od suštinskog značaja za izradu doktorske disertacije koji sadrže eksperimentalne rezultate istraživanja istraživača, analizu i diskusiju dobijenih rezultata, izvedene zaključke, kao i teorijske osnove primenjenih metoda ispitivanja, njihove mogućnosti i ograničenja, omogućili su da se prikaže stanje u ispitivanim oblastima kao i da se na osnovu njihovih nedostataka uoče smernice za istraživanja sprovedena u okviru ove disertacije. Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova u prijavi koju je kandidat podneo, kao i iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, uočava se adekvatno poznavanje predmetne oblasti istraživanja i aktuelnog stanja u ovoj oblasti u svetu.

Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

Da bi se uspešno ostvarili ciljevi postavljeni u okviru ove disertacije primenjene su sledeće metode:

U okviru eksperimentalnog rada rađeno je određivanje mikrostrukture elementarnog i modifikovanog sumpora skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM), JEOL JSM-5800 sa EDX, kao i XRD analiza elementarnog i modifikovanog sumpora. Karakterizacija uzoraka sumpornog i Portland cementnog betona je izvršena klasičnim metodama (hemijska analiza i granulometrijski sastav polaznih materijala, pritisna i savojna čvrstoća betona).

Za ispitivanje korozijske postojanosti i trajnosti sumpornog betona korišćena je metoda propisana standardom [ACI Committee 548, Guide for Mixing and Placing Sulfur Concrete in Construction, Report 548.2R-93, (American Concrete Institute), Farmington Hills, Mi, 1993.]. Pripremljeni uzorci sumpornog betona sa već pomenutim puniocima (talk, glinica, mikrosilika i elektrofilterski pepeo) su testirani na otpornost u hemijski agresivnim sredinama za koje se smatra da mogu delovati na sumporni beton. U istraživanjima su korišćeni sledeći rastvori: 10 % HCl, 20 % H₂SO₄ i 3 % NaCl. Izbor vrste rastvora i koncentracije urađen je uz pretpostavku moguće primene ispitivanih materijala. Shodno tome, praćeno je razaranje materijala tokom 180 dana, periodičnim merenjem mase uzoraka i poređenjem sa početnom masom, kao i promena mehaničke čvrstoće betona. Radi poređenja, istovremeno je praćeno ponašanje uzoraka Portland cementnog betona u istim agresivnim sredinama. Mase ispitivanih uzoraka su merene na vagi potrebne tačnosti i preciznosti.

Pored standardnih metoda ispitivanja su korišćene i nedestruktivne metode kao što su ultrazvučna metoda za određivanje Jungovog modula elastičnosti, analiza slike korišćenjem programa Image Pro Plus, kao i termovizijska analiza. Tokom određivanja Jungovog modula elastičnosti praćena je i promena brzine prostiranja ultrazvučnih talasa da bi se utvrdio efekat destrukcije usled delovanja agenasa tokom ispitivanja korozijske otpornosti materijala. Na osnovu dobijenih rezultata za promenu prostiranja brzine ultrazvuka, utvrđena je korelacija između smanjenja mehaničke čvrstoće tokom vremena ispitivanja korozijske otpornosti, a dobijeni rezultati su poređeni sa eksperimentalnim. Takođe, dati su modeli za predviđanja promene mehaničke čvrstoće. Metoda analize slike je korišćena radi analize morfoloških promena na uzorcima, a u cilju utvrđivanja stepena oštećenja uzoraka sumpornog i Portland cementnog betona. Na osnovu dobijenih rezultata predložen je model predviđanja promene čvrstoće materijala na osnovu stepena oštećenja uzoraka tokom ispitivanja korozijske otpornosti.

Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

Metodologija istraživanja u okviru doktorske disertacije sastoji se u sledećem:

- Sinteza i karakterizacija betona na bazi sekundarnog sumpora sa različitim dodacima;
- Standardna metoda ispitivanja korozione otpornosti betona primenjena na uzorke betona na bazi sumpora;
- Primena nedestruktivnih metoda ispitivanja radi praćenja promena koje nastaju kao posledica dejstva agresivne sredine;
- Primena klasične metode ispitivanja mehaničkih svojstava sa ciljem praćenja promene pritiska čvrstoće tokom ispitivanja korozione otpornosti;
- Primena rezultata nedestruktivnih metoda ispitivanja radi postavljanja modela predviđanja smanjenja čvrstoće uzorka tokom ispitivanja korozione otpornosti, kao i analiza pojedinih modela.

Ocena primenjivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Građevinski materijali u vreme kada otpad, bilo industrijski, bilo komunalni, dobija na značaju kao potencijalna sirovina dolaze u fokus interesovanja. Verovatan razlog za to je osnova građevinskog materijala- cement, proizvod koji u svom sastavu ima i veliki broj uslovno otpadnih materijala koji mogu da vode poreklo od sastojaka ili od energenata koji se koriste za njegovu proizvodnju. S jedne strane, primarna primena građevinskih materijala se sve više širi, ali pored njih i alternativni materijali dobijaju svoje mesto. Modifikacija konvencionalnih građevinskih materijala uglavnom se vrši korišćenjem nekih od otpadnih sirovina iz različitih industrijskih procesa. Generalno gledajući, građevinski materijali i njihovi proizvodi su značajni akceptori otpadnih materija ukoliko mogu u potpunosti da izvrše njihovu imobilizaciju, pri čemu je uslov da ne dolazi do degradacije osnovnih svojstava samog građevinskog materijala. Danas smo svedoci da se najveći broj istraživanja u svetu odnosi na korišćenje pepela iz termoelektrana i ostalih velikih insineratora u cilju dobijanja kvalitetnog građevinskog materijala široke primene.

Prateći istu koncepciju, u ovom radu je prikazana i analizirana mogućnost korišćenja sumpora kao alternativnog ingradijenta betona. Sumpor predstavlja često puta zapostavljen otpad, ali je veliko pitanje da li proizvodnja sumpora kao otpada na svetskom nivou premašuje količine pepela. Tehnološka revolucija je donela reverzibilan proces prirodnog procesa uklanjanja sumpora iz atmosfere, a to je vraćanje sumpora preradom ruda i nafte. Tako se kao nusproizvodi dobijaju sumpor i sumporna kiselina koji danas predstavljaju ozbiljan ekološki problem. Zbog toga je bilo neophodno razmatrati alternative imobilizacije sumpora i sumporne kiseline na velikoj skali. U tom slučaju rešenja se mogu naći u korišćenju pomenutih vrsta otpadnog sumpora u proizvodnji đubriva, imobilizaciji otpadnih materijala prevođenjem u nerastvorna jedinjenja i kao dodatak odgovarajućim građevinskim materijalima. U prikazanim istraživanjima analiziran je aspekt primene sumpora kao veziva u betonima čije su mogućnosti primene široke.

Verifikacija ostvarenih rezultata se ogleda u velikom broju rezultata koji predstavljaju deo ove disertacije, a publikovani su u većem broju međunarodnih časopisa, kao i saopšteni na međunarodnim i domaćim konferencijama.

Ocena sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad

U svom dosadašnjem istraživačkom i stručnom radu mr Milica Vlahović, dipl.inž. tehnologije, pokazala je samostalnost u pretraživanju literature, kreiranju i realizaciji eksperimenata i obradi rezultata. Pored navedenog, poznavanje engleskog i francuskog jezika i korišćenje PC-a (Microsoft Office, Microcal Origin, Image-Pro-Plus) sa internet konekcijom u svakodnevnom radu, kvalifikuju kandidata za samostalni naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Kritička analiza rezultata

Na osnovu definisanih ciljeva, određena je metodologija istraživanja koja je primenjena u doktorskoj disertaciji. S obzirom na složenost problematike, primenjeno je više metoda istraživanja. Metode koje su korišćene za karakterizaciju betona na bazi sumpora, kao i matematički modeli korišćeni za opis i kvantifikaciju stepena destrukcije uzoraka tokom ispitivanja, u skladu su sa metodama iz literature. Uvidom u dostupnu literaturu iz ove oblasti istraživanja i rezultate istraživanja dobijene primenom odabrane metodologije u okviru ovog rada, može se primetiti da su korišćene nove metodologije koje do sada nisu bile primenjivane na ovoj vrsti materijala i ovoj vrsti ispitivanja. Ovo se pre svega odnosi na promenu utralzvučnih ispitivanja, kao i snimanja uzoraka tokom ispitivanja koristeći različite rezolucije, i nakadnu obradu snimljenih površina radi određivanja stepena destrukcije uzoraka primenom image Pro Plus programa za analizu slike.

Očekivana primena rezultata u praksi

Na osnovu rezultata predstavljenih u okviru ove doktorske disertacije može se reći da se nadamo da će postojati interesovanje za istraživanja i rezultate koji su vezani za korišćenje velikih količina otpadnog sumpora iz prerade nafte u cilju poboljšanja uslova zaštite životne sredine, kao i smanjenja velike količine otpadnog sumpora. Takođe, deo nove metodologije ispitivanja uzoraka radi određivanja stepena razaranja uzoraka tokom dejstva agresivne sredine biće od pomoći u praćenju ponašanja ove vrste materijala, kao i povezivanje stepena razaranja sa smanjenjem čvrstoće materijala, koje je od presudnog značaja za građevinske konstrukcione materijale. Ova metodologija koja je data za betone na bazi sumpora i ispitivanja njihovog ponašanja u agresivnoj sredini se može primeniti i na ispitivanja drugih vrsta materijala. Na predloženi način smatramo da je moguća kvantifikacija stepena razaranja materijala koja se može povezati na osnovu raznih modela sa relevantnim mehaničkim svojstvima, pre svega čvrstoćom materijala.

Verifikacija rezultata u časopisima i saopštenjima na konferencijama

M 21- Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

[1.] Milica Vlahović, Predrag Jovanić, Sanja Martinović, Tamara Boljanac, Tatjana Volkov-Husović, Quantitative evaluation of sulfur-polymer matrix composite quality, *Composites Part B: Engineering*, 2012; DOI: 10.1016/j.compositesb.2012.04.005; ISSN 1359-8368; IF (2010)=1,773; IF (2010, petogodišnji)=2,235.

[2.] Milica Vlahovic, Sanja Martinovic, Tamara Boljanac, Predrag Jovanic, Tatjana Volkov Husovic, Durability of sulfur concrete in various aggressive environments, *Construction and Building Materials*, 25 (2011) 3926–3934; DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2011.04.024; ISSN 0950-0618; IF (2010)=1,366; IF (2010, petogodišnji)=1,570.

M 22- Rad u istaknutom međunarodnom časopisu

[3.] Milica Vlahović, Maja Savić, Sanja Martinović, Tamara Boljanac, Tatjana Volkov-Husović, Use of image analysis for durability testing of sulfur concrete and Portland cement concrete, *Materials and Design*, 34 (2012) 346-354; doi:10.1016/j.matdes.2011.08.026; ISSN 0261-3069; IF (2010)=1,696; IF (2010, petogodišnji)=1,755.

M 23- Rad u međunarodnom časopisu

[4.] Milica Vlahović, Tamara Boljanac, Anđelka Branković, Velislav Vidojković, Sanja Martinović, Nataša Đorđević, The influence of filler type on the corrosion stability of the sulfur concrete, *Hemijska industrija*, 64 (2) (2010) 129-137; DOI: 10.2298/HEMIND090918001V; ISSN 0367-598X; IF (2010)=0,137.

M 33 - Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini

[5.] Milica Vlahovic, Sanja Martinovic, Tamara Boljanac, Predrag Jovanic, Tatjana Volkov Husovic, Assesment of sulfur concrete corrosion resistance, *43rd International October Conference on Mining and Metallurgy*, Kladovo, Serbia, 12-15 October 2011, Proceedings.

[6.] Milica Vlahovic, Sanja Martinovic, Tamara Boljanac, Tatjana Volkov Husovic, Strength degradation modeling based on non-destructive testing, *43rd International October Conference on Mining and Metallurgy*, Kladovo, Serbia, 12-15 October 2011, Proceedings.

[7.] Milica Vlahović, Velislav Vidojković, Sanja Martinović, Tamara Boljanac, Radmila Jančić Heinemann, Tatjana Volkov Husović, Corrosion resistance of sulfur concrete in acidic solution, *42nd International October Conference on Mining and Metallurgy*, Kladovo, Serbia, 10-13 October 2010, Proceedings.

M 63 – Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini

[8.] Milica Vlahović, Sanja Martinović, Tamara Boljanac, Jelena Majstorović, Tatjana Volkov Husović, Application of ultrasonic measurements on durability testing of sulfur concrete, 9th Scientific/Research Symposium with International Participation „Metallic and Nonmetallic Materials“ Zenica, B&H, 23-24. April 2012.

5. ZAKLJUČAK

Kratak osvrt na disertaciju u celini

Na osnovu svega napred iznetog Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata Mr Milice Vlahović, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „**Sinteza betona na bazi sekundarnog sumpora i ispitivanje njegove otpornosti u agresivnoj sredini**” predstavlja značajan i originalni naučni doprinos u oblasti hemijske tehnologije, što je potvrđeno objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja. Predmet i ciljevi istraživanja su jasno navedeni i ostvareni.

Komisija, takođe, smatra da doktorska disertacija pod nazivom „**Sinteza betona na bazi sekundarnog sumpora i ispitivanje njegove otpornosti u agresivnoj sredini**” u potpunosti ispunjava sve zahtevane kriterijume i da je kandidat ispoljio izuzetnu naučno-istraživačku sposobnost u svim fazama izrade ove disertacije.

Predlog komisije Nastavno-naučnom veću

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih rezultata Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću TMF-a da prihvati ovaj Izveštaj i da ga, zajedno sa podnetom disertacijom mr Milice Vlahović, dipl. inž. tehnologije, da na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da, nakon završetka procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije

1. Dr Tatjana Volkov-Husović, red. prof. TMF, mentor
2. Dr Radmila Jančić-Heinemann, vanr. prof. TMF
3. Dr Branko Matović, naučni savetnik INN Vinča
4. Dr Predrag Jovanić, naučni savetnik, Institut za multidisciplinarna istraživanja

Beograd, 27.6.2012.god.