

**VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA UNIVERZITETA CRNE
GORE**

Poslijediplomske magistarske studije-studijski program Hemijska tehnologija

Predmet: Izvještaj Komisije o magistarskom radu pod nazivom “**Uticaj sastava sirovinske mješavine i vrste organskog modifikatora mikrostrukture na osobine hibridnih geopolimera**” kandidatkinje Bojane Potparić, Spec.Sci.hem.tehnologije

Nakon uvida u kompletan priloženi materijal, Komisija u sastavu:

Prof. dr Ivana Bošković, MTF, Podgorica, mentor

Prof. dr Mira Vukčević, MTF, Podgorica, predsjednik ,

Prof. dr Veselinka Grudić, MTF, Podgorica, član

Podnosi:

**IZVJEŠTAJ
o magistarskom radu**

Geopolimeri su grupa alkalno aktiviranih alumosilikatnih materijala koja pokazuje značajne prednosti u odnosu na cement kao široko upotrebljavani konstrukcioni materijal: imaju znatno bolju hemijsku postojanost, ne reaguju s agresivnim jonima iz okoline, termostabilni su i otporni na koroziju, što osigurava trajnost i čvrstoću kroz duži vremenski period. Osim toga, geopolimerna tehnologija podrazumijeva jeftine i ekološki pogodne postupke sinteze koji uključuju sirovine poput kaolina, gline i drugih prirodnih alumosilikata, kao i različite vrste industrijskog otpada. Po analogiji sa keramikama, jedan od nedostataka ovih materijala, koji može limitirati njihovu primjenu je povećana krtost i poroznost koja se može, djelimično, kontrolisati uslovima sinteze (veličina pora).

Uvodjenjem organskih modifikatora mikrostrukture u konvencionalno proizvedene geopolimere, odvija se paralelna polimerizacija (kopolimerizacija) organske i neorganske vrste i dobijanje kompozitnog materijala u literaturi nazvanog „hibridnim geopolimerom ili hibridom“. Na taj način omogućuje se smanjenje poroznosti ili kontrolisano povećanje makro

ili mezoporoznosti za specifične uslove primjene (filteri), poboljšanje žilavosti i pritisne čvrstoće. Istraživanja su sprovedena u pravcu korišćenja organskih modifikatora čiji je cilj stvaranje mikrostrukturnih organskih domena, unutar polazne geopolimerne matrice, koji, ili fizički popunjavaju pore, ili pokazuju hidrofilni efekat zadržavanja vode, čime sprječavaju njen nagli gubitak i stvaranje značajne makro i mezoporoznosti.

Pored uticaja sastava sirovinske mješavine (koncentracije alkalnog aktivatora, odnosa Si/Al i odnosa čvrste i tečne faze) na osobine dobijenih hibridnih geopolimernih materijala, ispitani su i uslovi sinteze hibridnih geopolimera preko uticaja vrste, količine i načina dodavanja organskih modifikatora (komercijalne epoksi smole i 3-(metoksilil)-propil metakrilata) na formiranje strukture sa homogenom, do značajno umanjenom distribucijom i veličinom pora koja pokazuje poboljšane mehaničke osobine.

Za karakterizaciju gotovih geopolimera upotrijebljene su sljedeće metode: XRD analiza, SEM analiza, DRIFT spektroskopija. Pored ovih analiza ispitivana je i pritisna čvrstoća kompozitnih geopolimernih uzoraka.

Rezultati dobijeni tokom eksperimentalnog istraživanja pokazali su povoljan uticaj modifikatora mikrostrukture na mehaničke osobine novih materijala, a samim tim i na njihovu primjenu i ekološki značaj.

Eksperimentalni dio rada je urađen na Metalurško-tehnološkom fakultetu i Gradjevinskom fakultetu u Podgorici, Forenzičkom centru u Danilovgradu i u Institutu za nuklearne nauke-Vinča.

Rad je dat kroz 7 poglavlja.

Poglavlje I, **Uvod**, obuhvata:

- pravce u kojima su uradjena istraživanja u radu i
- definisanje osnovnog, zajedničkog cilja i prednosti koje se postižu uvodjenjem organskih modifikatora mikrostrukture u konvencionalno proizvedene geopolimere.

Poglavlje II, **Teorijski dio**, obuhvata:

- pregled istraživanja i teoretske osnove sinteze geopolimera, kao i mogućnosti kontrolisanja osobina promjenom sastava sirovinske mješavine, uslova sinteze i mikrostrukture,
- dosadašnja istraživanja na dobijanju tzv. „hibridnih geopolimernih struktura“ koje se dobijaju dodavanjem organskih polimernih jedinjenja, kao i mogućnosti korišćenja tzv. „superapsorbirajućih agenasa“ koji mehanizmom zadržavanja vode onemogućavaju njeno isparavanje i formiranje značajne poroznosti,
- pregled istraživanja uticaja raznih tipova organskih modifikatora sa različitim mehanizmima modifikacije strukture neorganskih polimera tokom perioda „kopolimerizacije“.

Poglavlje III, **Cilj istraživanja**, sadrži:

- objašnjenje svrhe i cilja ovih ispitivanja u smislu definisanja optimalnih uslova pod kojima se mogu dobiti hibridni geopolimerni materijali.

Poglavlje IV, **Eksperimentalni dio**, obuhvata:

- pripremu sirovina i aktivatora
- karakterizaciju polazne sirovine-metakaolina
- opis sinteze geopolimera
- metode karakterizacije gotovih geopolimernih materijala

Poglavlje V, **Rezultati i diskusija**, sadrži detaljnu analizu ispitivanja izvršenih sljedećim metodama:

- hemijska analiza
- XRD analiza
- DRIFT spektroskopija
- SEM analiza
- Odredjivanje pritiskne čvrstoće

Poglavlje VI, **Zaključak**, obradjeno je kroz:

- pregled svih rezultata istraživanja.

Na osnovu izvršenih istraživanja u eksperimentalnom radu i njihove analize mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Dodavanje odredjenih organskih modifikatora: komercijalne epoksi smole i 3-(metoksisilil)-propil metakrilata u geopolimernu mješavinu pokazalo se kao mogućnost za dobijanje hibridnih struktura bolje pritiskne čvrstoće nego u slučaju geopolimera na bazi alumosilikatnih mješavina.
- Odnos Si/Al u sirovinskoj mješavini za dobijanje geopolimera utiče na konačnu strukturu i na osobine konačnog proizvoda. Suviše mali, odnosno suviše veliki odnos negativno utiče na vrijednosti pritiskne čvrstoće kod svih ispitivanih uzoraka.
- Dodatak organskih modifikatora, praćen povećanjem alkaliteta polazne sirovine za sintetisanje geopolimera, pozitivno utiče na vrijednosti pritiskne čvrstoće. Kod svih uzoraka je zabilježen rast pritiskne čvrstoće sa porastom koncentracije NaOH pri istim Si/Al odnosima.
- Novi kompozitni materijali najboljih mehaničkih osobina u ovom radu dobijeni su pri odnosu $\text{Si/Al} = 1,4$ i $C_{\text{NaOH}} = 8 \text{ mol dm}^{-3}$ i korišćenjem epoksi smole kao organskog aditiva.
- Dodatkom komercijalne epoksi smole tzv. hibridna struktura pokazuje značajno uvećane vrijednosti pritiskne čvrstoće i homogeniju strukturu u odnosu na uzorke geopolimera modifikovanih 3-(metoksisilil)-propil metakrilatom.
- XRD analiza svih ispitivanih uzoraka je pokazala prisustvo amorfne faze na $2\theta = 26,6^\circ$, što koristimo kao potvrdu da se polimerizacija odvijala.
- DRIFT spektroskopija je pokazala kod svih uzoraka prisustvo apsorpcionog maksimuma na 1030 cm^{-1} , koji je pokazatelj stvaranja glavne Si-O-T veze (T=Si, Na ili H) u geopolimeru. Razlika u intenzitetu pikova može biti posledica primjene različitih organskih modifikatora strukture.
- SEM analiza uzoraka sa dodatkom epoksi smole je pokazala dobru kompatibilnost između organske i neorganske faze za razliku od uzoraka sa dodatkom 3-(metoksisilil)-propil metakrilata koji pokazuju nizak stepen kopolimerizacije.
- Sinteza hibridnih struktura korišćenjem različitih organskih vrsta je pokazala da je vrijeme paralelnih polimerizacija, odnosno trenutak dodavanja organske vrste u neorgansku bitan