

HIDRAULIČNOST MALTERA

¹Azra Kajtazović, ²Sandra Pajazetović

¹Grupex d.d., ul I Muslimanske brigade, Velika Kladuša, BiH, azra.kajtazovic@hotmail.com

²Tehnički fakultet Bihać, ul. dr. Irfana Ljubijankića bb, Bihać, BiH, sandra_pajazetovic@hotmail.com

Ključne riječi: malter, trajan građevinski materijal, otpornost na uticaj atmosferilija, hidrauličnost, hidraulični modul, hidraulički dodaci

SAŽETAK:

Za krečni malter postupak je jednostavan: četvrtina kreča i tri četvrtine pijeska pomiješaju se sa vodom i nastaje malter. Takav malter može izdržati više stotina godina. Sastojci su jednostavni, postupak uobičajen, a ipak je preobrazba jednostavnih sirovina u čvrst i trajan građevinski materijal zapanjujuća. Dosadašnja primjena krečnih maltera je pokazala njihovu neotpornost na uticaj atmosferilija, stoga se kroz historiju primjene postepeno povećavala hidrauličnost maltera. Hidrauličnost maltera se, kao i kod mineralnih veziva, iskazuje preko hidrauličnog modula. Međutim, pri upotrebi hidrauličnih cementnih maltera za zidanje i malterisanje postoji, ekonomski prihvatljiva mogućnost, zamjene pojedinog udjela cementa sa hidrauličnim dodatkom vještačkog ili prirodnog porijekla.

U ovom radu teorijskog i eksperimentalnog karaktera potrebno je razmotriti svojstva maltera za zidanje i malterisanje kao i primjenu prirodnog i vještačkog hidrauličnog dodatka.

Cilj rada je da se detaljnim teorijskim postavkama i analizom dobijenih eksperimentalnih rezultata izvrši sagledavanje problematike maltera i mogućnosti primjene hidrauličnih dodataka za spravljanje cementnih maltera za zidanje i malterisanje.

1. UVOD

Malteri se definišu kao: materijali koji sa jedne strane povezuju konstruktivne elemente u cjelinu (zidanje), a sa druge strane materijali koji služe kao estetski omotač različitih performansi za unutrašnje i vanjske površine (malterisanje) ili krajnje kao podloga za mnogobrojne građevinske radove (izrada podova, ravnjanje površina i sl). Danas u svijetu postoji, može se reći, na hiljade raznih vrsta maltera koji se mogu podijeliti u više različitih skupina s obzirom na upotrebljena veziva i dodatke. Što se tiče dodataka oni se koriste radi poboljšavanja osobina ovih homogenizovanih mješavina. Glavna podjela je na hemijske i mineralne dodatke. Mineralni dodaci imaju daleko veću historiju upotrebljivosti zbog jednostavnosti i pristupačnosti. Pored poboljšavanja karakteristika ugradljivosti, obradljivosti, hidrauličnosti, danas se nastoji dobiti ista kvaliteta sa manjom cijenom ovog materijala. S obzirom na navedene kriterije izdvojiti će se u ovom slučaju hidrauličnost.

U ovom radu prikazan je tok i rezultati eksperimenta u kojem je izvršeno spravljanje hidrauličnih maltera sa mineralnim dodacima. Kao mineralni dodaci upotrebjeni su prirodni i vještački materijali, pri čemu prirodni materijali u vidu opalske breče koja je od ranije poznata kao prirodni pucolan. Vještački materijali su upotrebjeni u vidu crvenog mulja koji se dobiva kao nusprodukt u Bayerovom procesu dobivanja aluminijske kao finalnog proizvoda.

Cilj ovog rada je sagledavanje problematike maltera i opravdanost upotrebe hidrauličnih dodataka.

Ispitivanja su sprovedena u cilju da se utvrdi mogućnost upotrebe maltera sa hidrauličnim dodacima crvenog mulja i opalske breče, u svakodnevnoj praksi, s obzirom na karakteristike pomenutih dodataka.

2.MALTERI

Malteri predstavljaju vještačke kamene materijale koji se dobivaju kao rezultat očvršćavanja tzv malterskih smjesa – homogenizovanih mješavina sitnog agregata i vezivnih supstanci [2], [3]. Napraviti dobar malter za određenu vrstu radova, znači odabrati najpogodnije pomenute sastavne komponente, a zatim naći najbolji odnos pojedinih materijala koji ulaze u sastav maltera. Razumljivo je da ovaj izbor, odnosno sastav, mora biti takav da se spravljeni malter može bez problema ugrađivati.

2.1 Osnovne komponente maltera

Pod vezivom podrazumijevamo materijale koji se mogu (zagrijavanjem ili dodavanjem vode) dovesti u dobro obradivu viskozno-plastičnu ljepljivu masu, koja je u stanju da u određenom vremenskom periodu očvrstne i čvrsto poveže druge materijale [2].

U užem smislu, kao agregat se tretiraju svi zrnasti (inertni) materijali koji zajedno sa određenim vezivnim materijalom (cement, kreč, bitumen, polimeri) služe za dobijanje raznih vrsta maltera i betona, odnosno materijala koji se definišu opštim terminom kompoziti [3].

Voda za spravljanje maltera ne smije da sadrži sastojke (rastvorene ili suspendovane) koji će negativno uticati na hemijske reakcije na relaciji vezivo – voda. Obična voda za piće uvijek se može upotrijebiti bez prethodnih ispitivanja.

Dodaci predstavljaju supstance koje svojim fizičkim, hemijskim ili kombinovanim djelovanjem utiču na poboljšavanje određenih svojstava svježeg ili očvrstlog maltera.

2.1.1. Hidraulični dodaci

Hidraulični malteri se dobivaju upotrebom hidrauličnih mineralnih dodataka, prirodnih ili vještačkih, koji sa praktične tačke gledišta imaju najveći značaj za građevinarstvo. To su složeni hemijski sistemi u čiji sastav kao osnovne komponente ulaze oksidi. Svojstva svih materijala ovog tipa zavise u prvom redu od tzv. hidrauličnog modula (h_m) koji ukazuje na kvalitet sirovina i sirovinskih mješavina a definisan je relacijom:

$$h_m = \frac{\%CaO + \%MgO}{\%SiO_2 + \%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3} \quad (1)$$

Relacija pokazuje da hidraulični moduli predstavljaju odnos baznih sastojaka u odnosu na kisele okside, dok sama hidrauličnost predstavlja stepen do kog materijal očvršćava u kontaktu sa vodom.

Iz čega proizilazi da su hidraulični dodaci oni dodaci koji pospješuju vezanje i stvrdnjavanje u dodiru sa vodom, svedeno da li se nalaze na zraku ili pod vodom, jer reakcijom sa vodom daju stabilne i netopljive produkte. Što se tiče vrsta hidrauličnih dodataka, to je u uskoj vezi sa vrstama mineralnih dodataka malterima (na primjer prirodni hidraulični dodaci u vidu opalske breče kao prirodnog pucolana i vještački hidraulični dodaci u vidu crvenog mulja).

2.1.1.1. Prirodni pucolani

Pucolani su supstance mineralnog (neorganskog) sastava koje nemaju sopstvenu vezivnu moć ili je ona vrlo mala, ali koje su sposobne da na normalnim temperaturama i u prisustvu vlage reaguju sa krečom $[Ca(OH)_2]$ i daju nove materijale hidrauličnih svojstava. Ime dolazi od mjesta Pozzuoli kod Napulja gdje se pucolan koristio kao vezivo u starom vijeku.

U sastav pucolana najčešće ulaze SiO_2 , Al_2O_3 i Fe_2O_3 , pa se kao rezultat hemijskih reakcija između ovih oksida i $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dobijaju različiti hidrosilikati, hidroaluminati i hidroferiti kalcijuma koji su teško rastvorljivi u vodi [3]. Ispitivanje pucolana zajedno sa portland cementom je potpuno logično ako se radi o utvrđivanju podobnosti datog pucolana za mješanje sa cementom u cilju dobivanja portland cementa sa dodatkom pucolana [3].



Slika 2.1 Opalska breča, prirodni pucolan

Kvalitet pucolana se definiše na osnovu čvrstoće na pritisak koja je dobijena na isti način kao kod ispitivanja maltera na prizmama. S tim u vezi pucolani se dijele na tri klase kvaliteta čije su oznake 5, 10 i 15. Svaka klasa kvaliteta, pored čvrstoće na pritisak predviđene za tu klasu, mora imati i odgovarajuću čvrstoću na zatezanje pri savijanju.

2.1.1.2. Crveni mulj

Aluminij se komercijalno proizvodi iz boksita u dva koraka. U prvoj fazi aluminij se dobiva Bayerovim postupkom, a u drugoj se iz aluminija dobiva metal za upotrebu. U Bayerovom postupku lomljeni boksit se stavlja u otopinu natrijevog hidroksida i peče na temperaturi od oko 270°C . U tim uslovima većina aluminija se rastvori, ostavljajući nerastvorivi ostatak koji se naziva crveni mulj. Daljom filtracijom crveni mulj se odstranjuje [5].

Količina crvenog mulja koja nastaje preradom boksita nije neznatna. Procjenjuje se da na 1 tonu proizvedenog aluminija se stvara 0,3 - 0,7 tona crvenog mulja, zbog čega su vodeće države u proizvodnji aluminija suočene sa ozbiljnim problemom deponovanja ovog otpadnog materijala. Neke države u prošlosti su odlagale crveni mulj u more. Već duži period crveni mulj se deponuje u bazene konstruisane prvenstveno za ovu svrhu. Važno je napomenuti i da su troškovi deponovanja dosta visoki i iznose oko 1 do 5% od cijene aluminija [4]. Glavne komponente crvenog mulja su: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , Na_2O i CaO (Na_2O i CaO dolaze kao rezultat primijenjenog tehnološkog postupka za proizvodnju glinice).



Slika 2.2.: Crveni mulj

Za realizaciju dijela eksperimenta, tj za dobivanje hidrauličnih maltera sa vještačkim hidrauličnim dodatkom, korišten je crveni mulj iz deponije "Dobro selo" kod Mostara.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Prilikom sprovođenja eksperimenta pravljene su hidraulični malteri čije su se fizičko -mehaničke karakteristike ispitivale i rezultati upoređivali. Pored standardnog cementnog maltera koji je pravljen isključivo radi ispitivanja čvrstoće cementa, pomoću ostalih maltera se nastojalo utvrditi dejstvo prirodnog i vještačkog hidrauličnog dodatka na fizičko - mehanička svojstva maltera za zidanje. Opalska breča i crveni mulj, u vidu prirodnog i vještačkog hidrauličnog dodatka, dodavani su u postocima od 10, 30 i 50% na masu cementa. Da bi se rezultati ispitivanja ovih maltera mogli upoređivati, napravljena je i serija uzoraka cementnog maltera-etazona (C:P=1:3) koji je njegovan i pripremljen pod istim uvjetima. Prostorija u kojoj su spravljene svi malteri imala je stalnu temperaturu od $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, a prilikom spravljanja maltera za osnovne sastavne komponente kao vezivo upotrijebljen je cement marke: CEM IV/B-W 32,5 N, čije ispitivanje čvrstoća, sukladno standardu "BAS EN 197-1", se vrši na 7 i 28 dana.

Malteri su spravljene tako što je cementu dodata pijaća voda a zatim agregat. Za agregat je upotrebljen pijesak iz rijeke Drine, krupnoće 0-2mm. Opalska breča i crveni mulj, kao dodaci, dodati su u navedenim postocima na masu cementa.

Broj uzoraka za svako ispitivanje je serija od tri prizme, standardnih dimenzija 40 x 40 x 160 mm, a na svim uzorcima je ispitano sljedeće: čvrstoća na zatezanje pri savijanju i čvrstoća na pritisak.

Sve serije maltera pravljene su sukladno masenom odnosu cementa i pijeska- C:P=1:3, uz dodavanje prirodnog i vještačkog hidrauličnog dodatka u navedenim postocima na masu cementa. Cementni malter (etalon) je radi uporedbe rezultata čuvan pod istim termohigrometrijskim uslovima kao i malteri sa dodatkom opalske breče i crvenog mulja, u komori stalne temperature $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ i minimalne vlažnosti zraka 50% (optimalno od 60-70%).

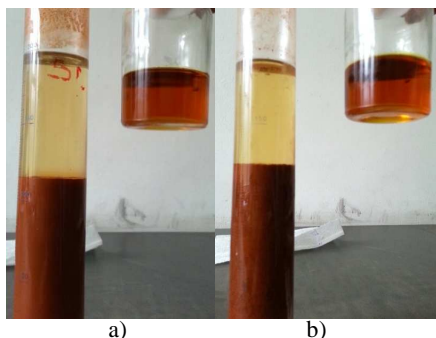
3.1 Ispitivanja provedena na hidrauličnim dodacima

Prilikom spravljanja hidrauličkih maltera na masu cementa dodavani su hidraulični dodaci u vidu crvenog mulja i opalske breče. Na ovim materijalima su izvršena sljedeća ispitivanja:

- finoća mliva
- sadržaj organskih primjesa

Tabela 3.1: Određivanje finoće mliva hidrauličnih dodataka

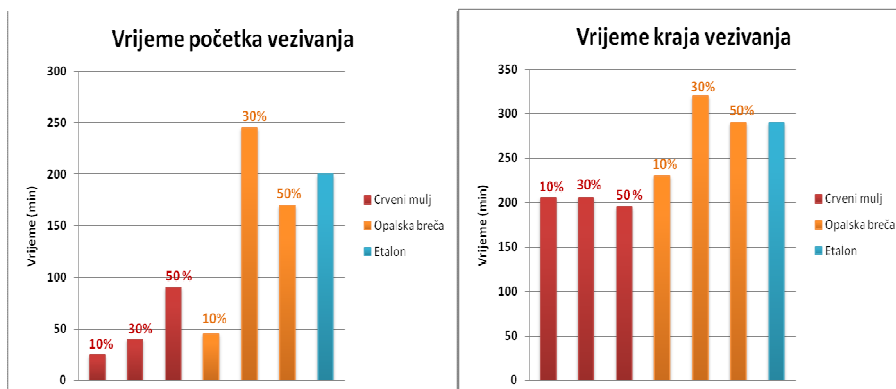
Vrsta materijala	Težina uzorka[g]	Finoća mliva uzorka(%)	Uslovi kvaliteta(%)
Opalska breča	50	9,44	≤ 15
Crveni mulj	50	6,92	≤ 15



Slika 3.1.: Poređenje rastvora sa referentim etalomom za upoređivanje:a)opalska breča; b) crveni mulj

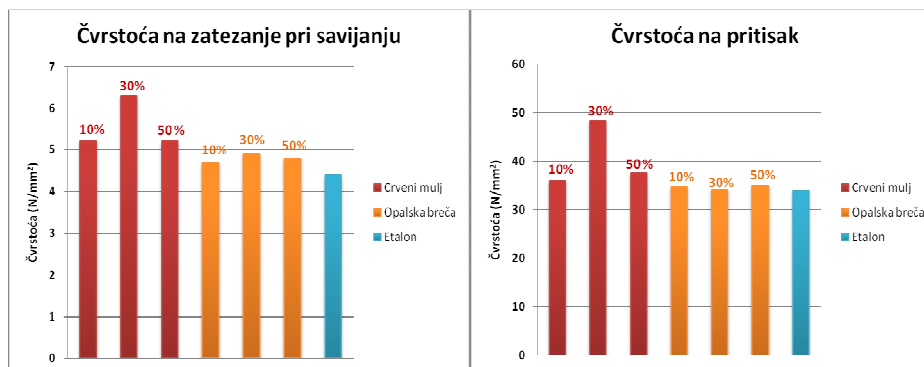
3.2. Ispitivanja provedena na malterima

Na malterima koji su spravljeni sa hidrauličnim dodacima (opalskom brečom i crvenim muljem) kao i na etalonu (malteru bez hidrauličnih dodataka koji je predviđen za upoređivanje rezultata ispitivanja) provedena su sljedeća ispitivanja: vrijeme vezivanja i čvrstoća maltera.



Ko što se može primjetiti iz navedenih dijagrama, malteri sa hidrauličnim dodatkom crvenog mulja imaju znatno kraće vrijeme vezivanja (i početak i kraj vezivanja) u poredbi sa etalonom. S druge strane, kod opalske breče se uviđaju razlike u vremenu vezivanja s obzirom na procenat dodanog materijala masi cementa, u jednom slučaju dolazi do dužeg, a u druga dva do kraćeg vremena vezivanja u poredbi sa referentnim etalonom.

Sukladno normi "BAS EN 1015-11", ispitivanje čvrstoće se vrši na uzorcima u obliku prizmi, dimenzija 40 mm x 40 mm x 160 mm. Prvo se vrši ispitivanje čvrstoće na zatezanje pri savijanju na svim prizmama, i odredi se srednja vrijednost čvrstoće za svaku seriju. Za ispitivanje čvrstoće na pritisak koriste se polovice prizmi dobijene nakon ispitivanja čvrstoće na zatezanje pri savijanju



Čvrstoće maltera sa dodatkom opalske breče su neznatno veće (za oko 5%) od čvrstoće referentnog etalona, kao što se može primjetiti iz prikazanih dijagrama. Dobivene čvrstoće maltera sa dodatkom crvenog mulja su nešto veće, izuzev maltera sa 30% crvenog mulja na masu cementa kod kojeg je čvrstoća na pritisak uvećana za 60%, a čvrstoća na zatezanje pri savijanju za 40% u odnosu na etalon.

4. ZAKLJUČAK SA ANALIZOM REZULTATA EKSPERIMENTA

Malteri su materijali koji obezbjeđuju uspješnu gradnju različitih konstrukcija. Pored zidanja i malterisanja, primjenjuju se i za izradu podloga i košuljica za podove, injektiranje šupljina i pukotina

i sl. Dodatno proširenje upotrebe postiže se dodavanjem različitih vrsta dodataka koji značajno poboljšavaju fizičko - mehaničke karakteristike maltera i otpornost na uticaje atmosferilija. Jedni od takvih dodataka upravo su hidraulični dodaci, koji su zapravo i bili predmet proučavanja ovog rada.

Čvrstoća predstavlja najbolji pokazatelj kvaliteta, zbog čega svi malteri podliježu ovom ispitivanju. Dobiveni rezultati ispitivanja čvrstoće ukazuju da upotrebom navedenih hidrauličnih dodataka ne dolazi do opadanja čvrstoće, već dodaci aktivno sudjeluju u procesu hidratacije. Vodovezivni faktor maltera sa hidrauličnim dodacima ($m_v/m_c+m_{\text{dodatak}}$), za sve ispitivane serije maltera je u granicama potpune hidratacije(0,4-0,65).

Razlog za povećanje čvrstoće kod maltera sa hidrauličnim dodacima u odnosu na etalon se može opravdati sniženjem hidrauličkog modula kojim se izražava odnos baznih sastojaka u odnosu na kisele okside ispitivanih materijala. To nisu veće razlike u veličinama hidrauličnog modula ali su izuzetno značajne.

Hidraulični moduli su izračunati prema okvirnom hemijskom sastavu ispitivanih materijala. S obzirom da su najveća uvećanja čvrstoće dobivena sa dodacima od 30% u tabeli (tabela 4.1) su prikazani hidraulični moduli cementa, cementa sa 30% opalske breče i cementa sa 30% crvenog mulja.

Tabela 4.1: Vrijednosti hidrauličnih modula

Vrsta materijala	Hidraulični modul
Cement	2,26
Cement sa 30% opalske breče	2,22
Cement sa 30% crvenog mulja	2,12

Ovo malo ali izuzetno značajno smanjenje hidrauličnog modula ukazuje na bolju hidrauličnost, odnosno bolje ponašanje materijala u kontaktu sa vodom, kao i bolju otpornost na uticaje atmosferilija. Poboljšavanjem navedenih karakteristika ujedno se dobiva i malter veće trajnosti.

S obzirom na sva sprovedena ispitivanja upotreba pomenutih hidrauličkih dodataka, u smislu zamjene pojedinog udjela cementa, je opravdana i ekonomski prihvatljiva mogućnost prilikom spravljanja maltera za zidanje i malterisanje

U cilju opravdane upotrebe hidrauličnih maltera, neophodno je da se ovom, naizgled jednostavnom materijalu, posveti odgovarajuća pažnja u fazi projektovanja mješavine, građenja i održavanja, te da se pri tom analiziraju konkretni eksploatacioni uslovi i uslovi sredine u kojoj se isti upotrebljavaju.

5. LITERATURA

- [1] Sorić, Z. (1999). *Zidane konstrukcije I*: Građevinski fakultet Zagreb.
- [2] Skenderović, B., Kekanović, M. (2011). *Građevinski materijali: struktura, osobine, tehnologija i korozija*: Građevinski fakultet Beograd.
- [3] Muravljov, M. (1995). *Građevinski materijali*: Građevinski fakultet Beograd.
- [4] Šahinagić-Isović, M., Čeček, M., Serdar, M., Čatović, F., Bjegović, D. (2014). *Razvoj građevinskih materijala sa dodatkom crvenog mulja*: Peti internacionalni naučno-stručni skup „Građevinarstvo- nauka i praksa“, Žabljak, 2014
- [5] Cablik, V. (2007) *Characterization and applications of red mud from bauxite processing*. Technical University of Ostrava, Faculty of Mining and Geology, Ostrava-Poruba, Czech Republic.