

MOGUĆNOST PROIZVODNJE PORTLAND-KOMPOZITNIH CEMENATA KLASSE 52,5N U TVORNICI CEMENTA KAKANJ

POSSIBILITY OF THE PRODUCTION OF PORTLAND-COMPOSITE CEMENTS TYPE 52,5N IN CEMENTPLANT KAKANJ

Doc. dr. sc. Nevzet Merdić, dipl. ing.
Doc. dr. sc. Nedžad Haračić, dipl. ing.
Kakanj cement plant
Selima ef. Merdanovića 146, 72240 Kakanj, BiH

Prof. dr. sc. Ilhan Bušatlić
Mr. sc. Nadira Bušatlić, dipl. ing.
Univerzitet u Zenici, FMM
Zenica, BiH

Mr. građ. Adis Merdić, dipl. ing. građ.
Eding Telecom d.o.o. Sarajevo
Sarajevo, BiH

Ključne riječi: klinker, granulirana troska visoke peći, leteći pepeo, cement, hemijska analiza, pritisna čvrstoća

REZIME

Ovaj članak govori o mogućnosti proizvodnje portland-kompozitnih cementata klase 52,5N u tvornici cementa Kakanj u skladu za zahtjevima standarda EN 197-1. Prema tom standardu, cement klase 52,5N mora da ima pritisnu čvrstoću nakon 2 dana veću ili jednaku 20MPa a nakon 28 dana veću ili jednaku od 52,5MPa. Portland-kompozitni cementi se sastoje od letećeg pepela i granulirane troske visoke peći. Inače, korištenjem navedenih dodataka, postigla bi se veoma velika ušteda kod procesa proizvodnje klinkera, a da pri tome mehaničke osobine date vrste cementata zadovoljavaju standard EN 197-1. Takođe, zamjenom dijela klinkera sa letećim pepelom i granuliranim troskom visoke peći, proizveo bi se ekološki prihvatljiviji cement.

Keywords: clinker, granulated blast furnace slag, fly ash, cement, chemical analyses, compressive strength

ABSTRACT

This article talks about the possibility of production of portland-composite cement in cement plant Kakanj in accordance with the requirements of EN 197-1. By that standard cement class 52,5N must have a compressive strength greater or equal 20MPa after 2 days, and after 28 days greater or equal 52,5MPa. Portland-composite cement is composed of fly ash and granulated blast furnace slag. Otherwise, using both of these addition, very high saving during clinker production process can be achieved and mechanical properties of portland-composite cements would satisfy the standards by EN 197-1. Also, by replacing clinker with fly ash and granulated blast furnace slag could be, the produced cement would be more environmentally friendly.

1. UVOD

Portland-kompozitni cementi pripadaju drugoj grupi cemenata prema EN 197-1. Prema ovom standardu, količina klinkera potrebna za ovu vrstu cementa se kreće od 65-79 % (oznaka B u sastavu) i od 80-95 % (oznaka A u sastavu). Ovo je jedina vrsta cemenata koja može imati sve dodatke u svom sastavu prema EN 197-1. Za pripremu portland-kompozitnih cemenata su korišteni sljedeći materijali:

- klinker iz tekuće proizvodnje tvornice cementa Kakanj
- laporoviti krečnjak sa kamenoloma Ribnica,
- silicijska prašina kompanije B.S.I. d.o.o. Jajce,
- leteći pepeo iz termoelektrane Kakanj,
- granulirana troska visoke peći kompanije (GTVP) ArcelorMittal iz Zenice.

Gips sa kamenoloma Bistrica iz Donjeg Vakufa se koristio kao regulator vezivanja u količini od 4 mas.%. Sporedni dodatni sastojci poboljšavaju fizičko-mehaničke osobine cementa nakon odgovarajuće pripreme, ali se dobija i ekonomski i ekološki efekat njihovim korištenjem kod date proizvodnje cemenata. Oni mogu da budu inertni ili da imaju blago hidraulična, hidraulična ili pucolanska svojstva. U tabeli 1. su dati fizičko-mehanički zahtjevi za klasu cementa 52,5N.

Tabela 1. Zahtjevi u pogledu fizičkih i mehaničkih osobina za CEM I 52,5N

Klasa čvrstoće	Čvrstoća pri pritisku (MPa)		Početak vezivanja (min.)	Stalnost zapremine (ekspanzija) u mm
	Početna čvrstoća	Standardna čvrstoća		
	2 dana	28 dana		
52,5 N	≥ 20,0	≥ 52,5	≥ 45	≤ 10

2. HEMIJSKA ANALIZA KONSTITUENATA

U tabeli 2. su date hemijske analize konstituenata (granulirana troska visoke peći i leteći pepeo) koji su se koristili u ovim ispitivanjima.

Tabela 2. Hemijska analiza konstituenata

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Sl.CaO
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Klinker	21,67	5,44	3,09	65,86	1,14	0,79	0,08	0,65	0,70
Laporoviti krečnjak	1,46	0,76	0,18	54,41	0,60	0,07	0,23	0,07	
Leteći pepeo	46,00	17,70	7,00	19,40	3,62	1,41	0,43	1,35	-
GTVP	39,90	7,70	1,58	36,70	6,98	0,89	0,34	1,22	-
Silicijska prašina	93,94	0,07	0,15	0,19	0,91	0,60	0,82	2,98	
Gips	4,10	1,27	0,40	33,23	3,12	44,09	0,08	0,14	-

Pošto je klinker glavni sastojak kod ove vrste cementa, veoma važno je znati kakav mu je mineraloški sastav i reaktivnost. Njegov mineraloški sastav je dat u tabeli 3. Pored toga, EN 197-1 je propisao određene zahtjeve za pojedine dodatne sastojke kod proizvodnje cemenata i ti zahtjevi su dati u tabeli 4.

Tabela 3. Mineraloški sastav klinkera

	Alit-C ₃ S	Belit-C ₂ S	Trikalcijaluminat-C ₃ A	Tetrakalcijalumoforit-C ₄ AF
	%	%	%	%
Klinker	64	16	9,60	9,50

Tabela 4. Zahtjevi EN 197-1 za dodatne sastojke

	Zahtjevi EN 197-1	Klinker	Laporoviti krečnjak	Leteći pepeo	GTVP	Silicijska prašina
MgO	>5,0 mas. %	1,14				
C ₃ S+C ₂ S	≥66,6 mas. %	80				
CaO/SiO ₂	>2	3,04				
CaCO ₃	≥75 mas. %		97,12			
Sadržaj gline	<1,2 g/100 g		0,73			
Sadržaj organskog ugljika	≤0,2 mas. % za klasu LL ≤0,5 mas. % za klasu L		0,17			
Reaktivni CaO	>10,0 mas. %			15,20		
Reaktivni SiO ₂	>25,0 mas. %			40,60		
Mokro sijanje	10<x<30 mas. %			23,00		
Indeks aktivnosti	≥75 %			90		
Ekspanzija	≤ 10 mm			1,00		
CaO+MgO+SiO ₂	≥66,6 mas. %				83,58	
(CaO+MgO)/SiO ₂	>1,0				1,09	
Gubitak žarenjem	>4,0 mas. %					1,00
Specifična površina	cm ² /g					18700

3. PRIPREMA UZORAKA

Za ova ispitivanja je pripremljeno 7 uzoraka portland-kompozitnih cementa:

- uzorak klinkera i gipsa (čisti PC-U1),
- uzorak klinkera, GTVP, letećeg pepela, silicijske prašine i laporovitog krečnjaka (U2),
- uzorak klinkera, GTVP, letećeg pepela, laporovitog krečnjaka i gipsa (U3),
- 2 uzorka klinkera, GTVP, letećeg pepela i gipsa, sa različitim dodacima GTVP i letećeg pepela (U4 i U5),
- uzorak klinkera, GTVP, silicijske prašine i gipsa (U6),
- uzorak klinkera, GTVP i laporovitog krečnjaka (U7).

Svi uzorci su pripremljeni u laboratorijskom kugličnom mlinu na odgovarajuću specifičnu površinu (Blaine). Specifična površina je određena tako što se nakon određenog vremenskog perioda mljevenja, provjeravao svaki uzorak kako bi imali što sličniju specifičnu površinu svakog uzorka. Naime, veoma je teško dobiti potpuno istu specifičnu površinu svih uzoraka, ali se nastojalo da ta razlika između pojedinačnih uzoraka portland-kompozitnih cementa bude što manja. Nešto povećana specifična površina je potrebna da bi imali što bolju reaktivnost cementa, tj. da bi postigli početnu i standardnu čvrstoću cementa prema navedenom standardu. Nakon mljevenja, pripremljene su cementne prizme dimenzija 4x4x16

cm i njihovo ispitivanje prema standardu EN 196-1. Vodocementni faktor (v/c) kod ispitivanja je 0,5. U tabeli 5. su dati podaci o masenim udjelima komponenata kao i specifične površine samljevenih uzoraka cementa.

Tabela 5. Uzorci portland-kompozitnih cementa klase CEM I 52,5N

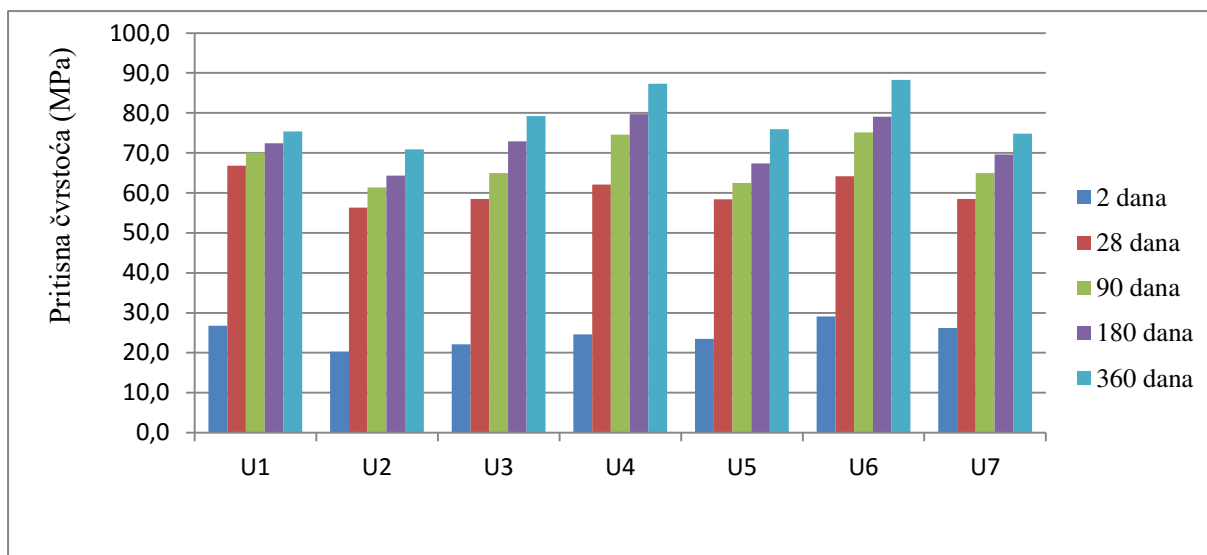
Uzorak	Klinker	Laporoviti krečnjak	Leteći pepeo	GTVP	Silicijska prašina	Blaine
	mas. %	mas. %	mas. %	mas. %	mas. %	cm ² /g
U1	96					4030
U2	76	5	5	5	5	4410
U3	76	5	5	10		4070
U4	76		10	10		3830
U5	76		5	15		3970
U6	76			15	5	4420
U7	76	5		15		3990

4. REZULTATI ISPITIVANJA

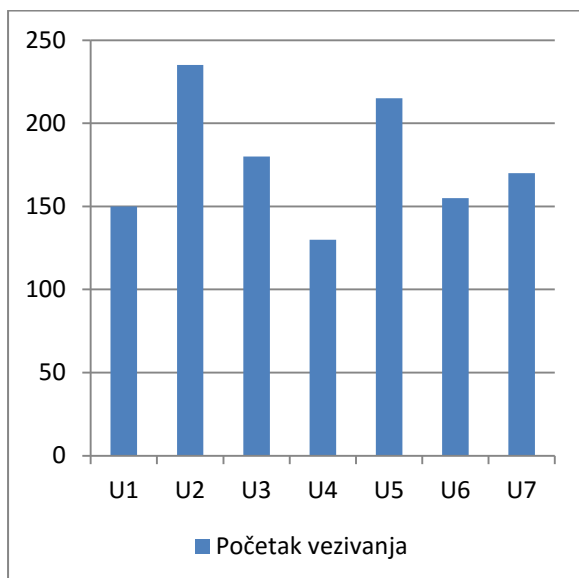
U tabeli 6. su dati rezultati fizičko-mehaničkih ispitivanja za sva tri uzorka cementa, a dijagramski prikaz je dat na slikama 1-3. Prema EN 197-1, dovoljno je bilo da se ispita pritisna čvrstoća nakon 2 i 28 dana za cement klase 52,5N, ali su se ispitale i pritisne čvrstoće nakon 90, 180 i 360 dana, pa se može zaključiti da se tokom ukupnog perioda ispitivanja (360 dana) odvija hidratacija cementa, jer se kontinuirano povećava čvrstoća uzoraka sa vremenom odležavanja. Utvrđeno je da određeni dodaci cementu doprinose i značajnijem razvoju čvrstoće u kasnijim periodima.

Tabela 6. Fizičko-mehanički rezultati ispitivanja cementa

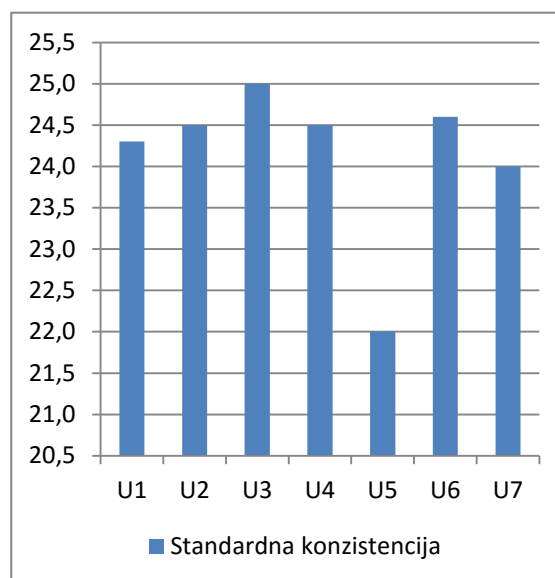
Uzorak	Pritisna čvrstoća (MPa)					Početak vezivanja	Standardna konzistencija	Stalnost zapremine (ekspanzija)
	2 dana	28 dana	90 dana	180 dana	360 dana	(minuta)	(%)	mm
U1	26,8	66,8	70,1	72,4	75,4	150	24,3	0,0
U2	20,3	56,3	61,4	64,3	70,9	225	24,5	1,0
U3	22,1	58,5	65,0	72,9	79,2	180	25,0	1,0
U4	24,6	62,1	74,6	79,7	87,3	130	24,5	1,0
U5	29,1	64,2	62,5	67,4	75,9	155	24,6	0,5
U6	23,5	58,4	75,1	79,1	88,3	215	22,0	0,5
U7	26,2	58,5	65,0	69,6	74,8	170	24,0	0,5



Slika 1. Pritisna čvrstoća



Slika 2. Početak vezivanja



Slika 3. Standardna konzistencija

5. ZAKLJUČAK

Standardna konzistencija pripremljenih uzoraka portland-kompozitnih cementa je najmanja kod uzorka koji u svom sastavu sadrži GTVP i silicijsku prašinu, a svi ostali uzorci imaju sličnu potrebu za vodom. Najkraće vrijeme vezivanja pokazuje uzorak koji sadrži GTVP i leteći pepeo.

Na osnovu rezultata ispitivanja fizičko-mehaničkih ispitivanja, a prema tabelama 1. i 5., može se zaključiti da svi uzorci portland-kompozitnih cementa zadovoljavaju standard EN 197-1 u pogledu pritisnih čvrstoća nakon 2 i 28 dana, početka vezivanja i stalnosti zapremine. Najveće vrijednosti pritisne čvrstoće pokazuju uzorci koji u svom sastavu imaju GTVP i leteći pepeo što znači da njihova kombinacija daje najbolju reaktivnost u toku hidratacije. Granulisana troska visoke peći se u ispitivanjima koristila kao svježa, odnosno GTVP nije

bila izložena dugotrajnom uticaju atmosferskih uticaja tako da je ostala reaktivna prilikom ispitivanja i znatno je doprinijela razvoju čvrstoća. Najkraći početak vezivanja pokazuju uzorci koji u svom sastavu sadrže GTVP i leteći pepeo, dok najduže vrijeme vezivanja pokazuju uzorci koji sadrže silicijsku prašinu. Stalnost zapremine je znatno ispod standardom propisane vrijednosti, što znači da ni u jednom uzorku portland-kompozitnog cementa nije bilo niti previše sl. CaO niti previše MgO koji bi doprinijeli naknadnoj hidrataciji a i do unutrašnjih naprezanja koji bi u krajnjem slučaju mogli dovesti do degradacije kompozita.

Ako se porede rezultati ispitivanja uzorka U1 sa ostalim uzorcima, može se izvesti zaključak da se sa mnogo manjom količinom klinkera i povećanom količinom dodataka mogu dobiti rezultati koji zadovoljavaju uslove standarda za proizvodnju CEM I 52,5N. Velika prednost kod proizvodnje portland-kompozitnih cemenata je manji dodatak klinkera u svim uzorcima i to u količini od 20 mas.%, a to znači da bi se jako mnogo uštedilo, kako na manjoj potrošnji sirovina, tako i na manjoj potrošnji goriva, a s druge strane mnogo manja količina CO₂ i drugih gasova bi odlazila u atmosferu, pa bi ove vrste cemenata bile i ekološki prihvatljivije.

6. REFERENCE

- [1] Đureković, A.: Cement, cementni kompozit i dodaci za beton, Institut građevinarstva Hrvatske i Školska knjiga, Zagreb, 1996.,
- [2] BAS EN 197-1, Cement – Dio 1: Sastav, specifikacija i kriteriji usklađenosti za obične cemente,
- [3] BAS EN 196-1, Metode ispitivanja cementa – Dio 1: Određivanje čvrstoće cementa,
- [4] Merdić, N.: Razvoj nove klase portland-kompozitnih cemenata u tvornici Cementa Kakanj, Doktorska disertacija, Univerzitet u Zenici, Fakultet za metalurgiju i materijale u Zenici, Zenica, 2015.