

UTICAJ GRANULISANE VISOKOPEĆNE TROSKE NA RAZVOJ ČVRSTOĆE NA PRITISAK METALURŠKOG CEMENTA CEM III

EFFECT OF GRANULATED BLAST FURNACE SLAG ON DEVELOPMENT COMPRESSIVE STRENGTH OF SLAG CEMENT CEM III

Dr Nedžad Haračić dipl. ing
Msc. Nevzet Merdić dipl. ing
Tvornica cementa Kakanj d.d Kakanj
Prof. dr Ilhan Bušatlić
Fakultet za metalurgiju i materijale Zenica

Prof. dr Zehrudin Osmanović
Tehnološki fakultet Tuzla
Prof. dr Jelica Zelić
Kemijsko-tehnološki fakultet Split

Kategorizacija rada: Stručni rad

SAŽETAK

Danas je sve veća istraživačka aktivnost u cilju ispitivanja mogućnosti korištenja različitih otpadnih ili alternativnih materijala kako u cementnoj tako i u drugim granama industrije. S tim u vezi granulirana visokopećna troska predstavlja značajan dodatak metalurškom cementu tipa CEM III. Cementi na bazi visokopećne troske sastoje se od mješavine cementnog klinkera, regulatora vezivanja (gips) i granulirane troske, te se oni različito tretiraju u zavisnosti od postignutih čvrstoća cementa i sadržaja troske. U radu je prikazan razvoj čvrstoća na pritisak metalurškog cementa CEM III u odnosu na referentni uzorka portland cement CEM I. Ispitivanjima je ustanovljeno da su čvrstoće na pritisak portland cementa CEM I veće u fazama ispitivanja nakon 2,7 i 28 dana, dok je dominacija pritisnih čvrstoća metalurškog cementa evidentna u kasnijim periodima ispitivanja, nakon 90,180 i 365 dana.

Ključne riječi: Cement, čvrstoća na pritisak, klinker, granulirana visokopećna troska

ABSTRACT

Today there is a growing research activity in order to investigate the possibility of using various waste or alternative materials in the cement and other industries. In this regard, granulated blast furnace slag is a significant addition to the metallurgical cement type CEM III. Cements based on blast furnace slag consist of a mixture of cement clinker, binding regulator (gypsum) and granulated slag, and they are treated differently depending on the achieved strength of cement and slag content. In this paper is presented the development of compressive strength of slag cement CEM III compared to reference sample of Portland cement CEM I. By examination is established that compressive strength of Portland cement CEM I are higher in stages of examination after 2,7 and 28 days while the dominance of compressive strength of slag cement CEM III is evident in later stages of testing after 90,180 and 365 days.

Keywords: Cement, compressive strength, clinker, granulated blast furnace slag

1. UVOD

Metalurški cement ili CEM III je sulfatno otporni cement niske toplote hidratacije s udjelom granulirane visokopećne troske 36-95%, te udjelom cementnog klinkera 5-64% [1]. Ova vrsta

cementa uglavnom se može koristiti u zahtjevnim građevinskim projektima gdje je neophodna visoka sulfatna otpornost kao što su izrada konstrukcija u vlažnoj i agresivnoj sredini bogatoj sulfatima, izrada temelja mostova, priobalnih i pomorskih objekata, sistema za navodnjavanje te kanalizacijskih i drenažnih sistema.

U CEM III/A tipu metalurškog cementa sadržaj cementnog klinkera se kreće od 35-64 %, a sadržaj granulirane troske iz visokih peći je od 36-65 %. U CEM III/B tipu metalurškog cementa sadržaj cementnog klinkera se kreće od 20-34 %, a sadržaj granulirane visokopećne troske je od 66-80 %. U CEM III/C tipu metalurškog cementa sadržaj cementnog klinkera se kreće od 5-19 %, a sadržaj granulirane troske iz visokih peći je od 81-95 % [1].

Hidraulična reaktivnost granulirane troske iz visokih peći zavisi od njenog hemijskog sastava, bazičnosti, mineraloških osobina (staklasta struktura, kristalna faza), granulometrije, morfologije (raspodjela veličine čestica, oblika čestica). Dok na početne čvrstoće uglavnom utiče raspodjela veličine čestica cementnog klinkera, na krajnje čvrstoće utiče raspodjela veličine čestica granulirane troske visokih peći. Povećanje bazičnosti CaO/SiO_2 vodi ka povećanju reaktivnosti. Hidraulično otvrdnjavanje se povećava sa udjelom CaO i MgO . Veći udio Al_2O_3 ima za rezultat povećanje početnih čvrstoća cementa [2].



Slika 1. Zračno hladena granulirana visokopećnatroska

Jedan od osnovnih nedostataka metalurškog cementa jesu u principu nešto niže početne čvrstoće cementa prilikom ispitivanja nakon jednog i dva dana. Glavni cilj budućeg razvoja na polju metalurškog cementa jeste da se povećaju početne čvrstoće cementa na nivo čvrstoća koje ima portland cement bez troske uz zadržavanje vrijednosti konačnih ili kasnijih čvrstoća [2,3]. Većina dosadašnjih pokušaja povećanja početnih čvrstoća cementa sa dodatkom granulirane visokopećne troske odnosila se na ubrzavanje procesa hidratacije cementnog klinkera. Provedenim ispitivanjima se željelo vidjeti kako se ponašaju metalurški cementi iste specifične površine, ali sa različitim udjelom granulirane visokopećne troske, u smislu razvoja čvrstoće na pritisak.

2. REZULTATI ISPITIVANJA

Eksperimentalni dio rada urađen je na način da je izvršeno komponovanje uzoraka metalurškog cementa tipa CEM III/A, CEM III/B i CEM III/C sa različitim udjelom cementnog klinkera, granulirane visokopećne troske i gipsa kao regulatora vezivanja. Od ovako pripremljenih laboratorijskih uzoraka napravljene su cementne prizmice dimenzija 40x40x160 mm na kojima je izvršeno ispitivanje pritisne čvrstoće nakon 2, 7, 28, 90, 180 i 365 dana.

U tabeli 1. je prikazan sadržaj konstituenata metalurškog cementa tipa CEM III/A.

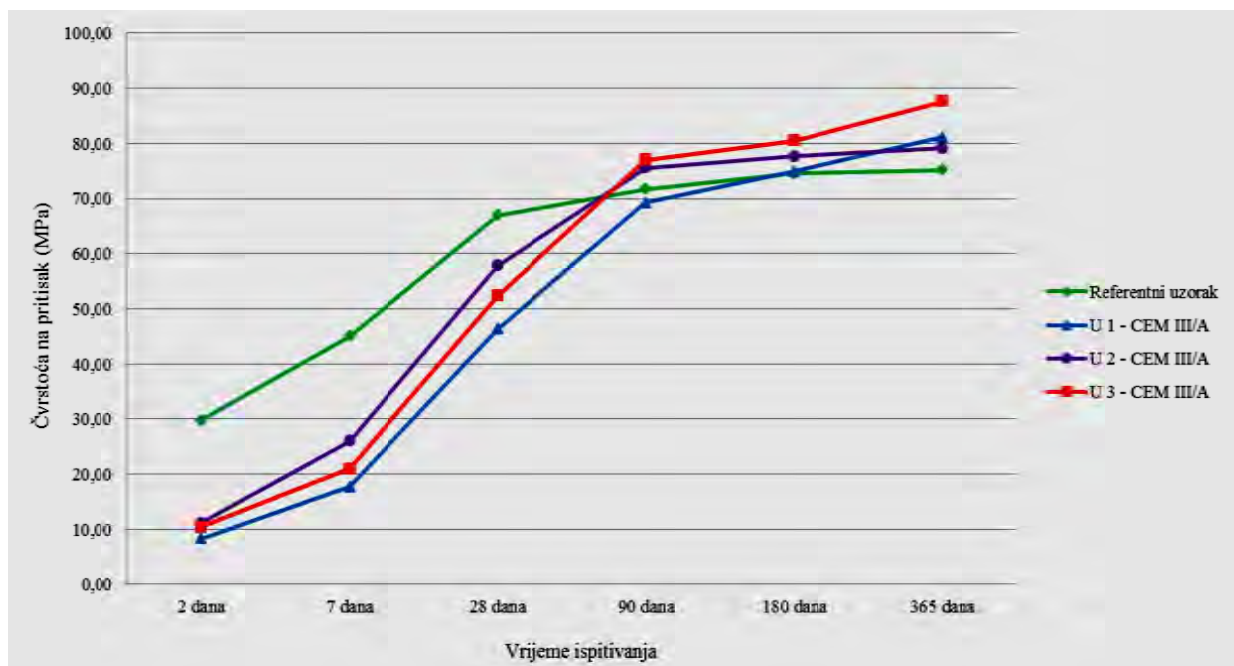
Tabela 1. Procentualni sadržaj konstituenata CEM III/A

Naziv uzorka	Sadržaj klinkera (%)	Sadržaj granulirane visokopećne troske (%)	Sadržaj gipsa (%)
U1 (CEM III/A)	35,00	61,00	4,00
U2 (CEM III/A)	57,00	39,00	4,00
U3 (CEM III/A)	46,00	50,00	4,00

U tabeli 2. i dijagramu 1. prikazane su vrijednosti čvrstoće na pritisak za metalurški cement tipa CEM III/A

Tabela 2. Čvrstoća na pritisak za metalurški cement CEM III/A

Uzorak	Čvrstoća na pritisak, MPa					
	2 dana	7 dana	28 dana	90 dana	180 dana	365 dana
Referentni uzorak	29,70	45,00	66,90	71,70	74,50	75,20
U1 (CEM III/A)	8,30	17,70	46,30	69,20	74,90	81,10
U2 (CEM III/A)	11,10	26,00	57,80	75,50	77,60	79,10
U3 (CEM III/A)	10,40	21,00	52,30	77,00	80,50	87,60



Dijagram 1. Grafički prikaz razvoja čvrstoće na pritisak za CEM III/A

U tabeli 3. je prikazan sadržaj konstituenata metalurškog cementa tipa CEM III/B.

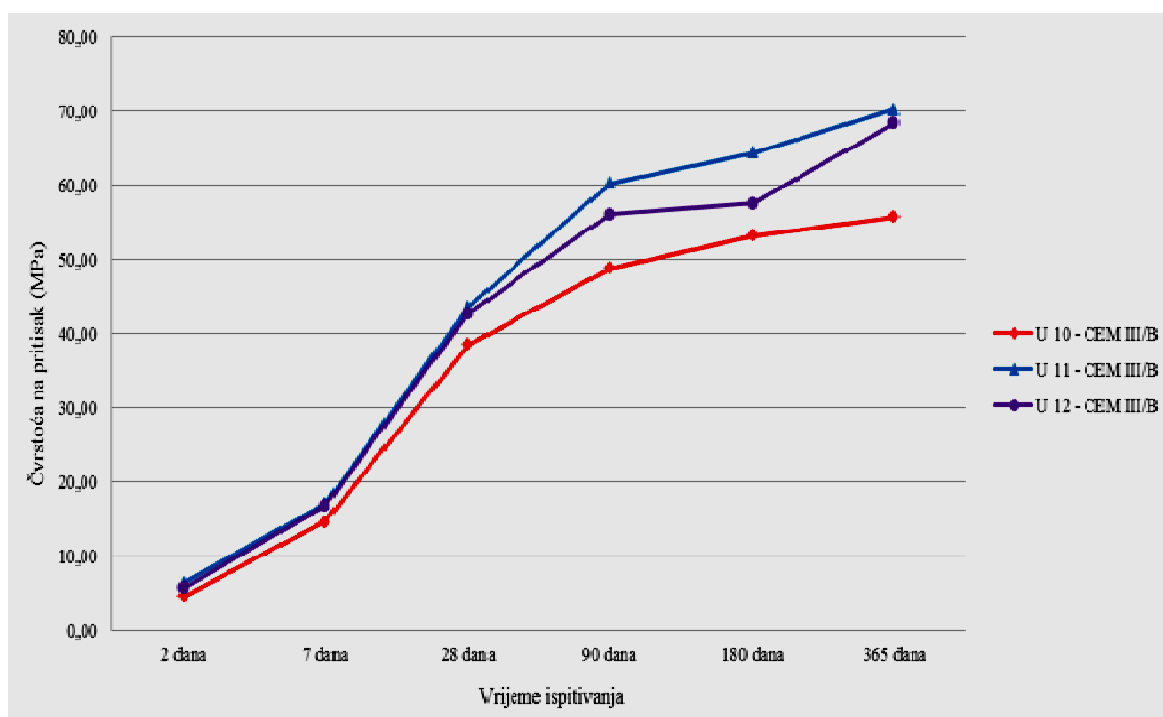
Tabela 3. Procentualni sadržaj konstituenata CEM III/B

Naziv uzorka	Sadržaj klinkera (%)	Sadržaj granulirane visokopećnetroske (%)	Sadržaj gipsa (%)
U10 (CEM III/B)	20,00	76,00	4,00
U11 (CEM III/B)	28,00	68,00	4,00
U12 (CEM III/B)	24,00	72,00	4,00

U tabeli 4. i dijagramu 2. prikazane su vrijednosti čvrstoće na pritisak za metalurški cement tipa CEM III/B

Tabela 4. Čvrstoća na pritisak za metalurški cement CEM III/B

Uzorak	Čvrstoća na pritisak, Mpa					
	2 dana	7 dana	28 dana	90 dana	180 dana	365 dana
U10 (CEM III/B)	4,50	14,60	38,50	48,80	53,20	55,70
U11 (CEM III/B)	6,30	17,00	43,60	60,30	64,40	70,20
U12 (CEM III/B)	5,70	16,70	42,70	56,10	57,60	68,40



Dijagram 2. Grafički prikaz razvoja čvrstoće na pritisak za CEM III/B

U tabeli 5. je prikazan sadržaj konstituenata metalurškog cementa tipa CEM III/C.

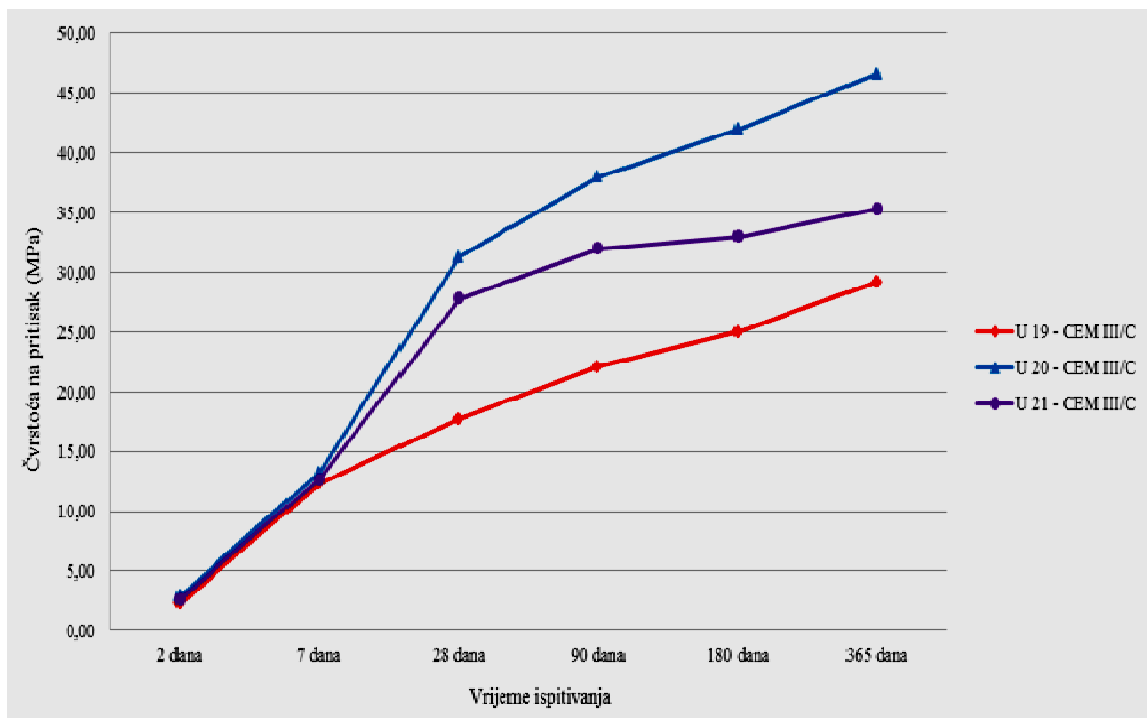
Tabela 5. Procentualni sadržaj konstituenata CEM III/C

Naziv uzorka	Sadržaj klinkera (%)	Sadržaj granulisane visokopećnetroske (%)	Sadržaj gipsa (%)
U19 (CEM III/C)	5,00	91,00	4,00
U20 (CEM III/C)	14,00	82,00	4,00
U21 (CEM III/C)	10,00	86,00	4,00

U tabeli 6. i dijagramu 3. prikazane su vrijednosti čvrstoće na pritisak za metalurški cement tipa CEM III/C

Tabela 6. Čvrstoća na pritisak za metalurški cement CEM III/C

Uzorak	Čvrstoća na pritisak, MPa					
	2 dana	7 dana	28 dana	90 dana	180 dana	365 dana
U19 (CEM III/C)	2,30	12,30	17,70	22,10	25,00	29,20
U20 (CEM III/C)	2,90	13,20	31,30	38,00	42,00	46,60
U21 (CEM III/C)	2,60	12,60	27,80	32,00	33,00	35,30



Dijagram 3. Grafički prikaz čvrstoće na pritisak za CEM III/C

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja može se konstatovati da je čvrstoća na pritisak portland cementa u početnom periodu ispitivanja nakon 2,7 i 28 dana veća u odnosu na uzorke metalurškog cementa. Razlog za ovako ponašanje metalurških cemenata leži u činjenici što je proces hidratacije cementa sa troskom mnogo kompleksniji nego što je to slučaj sa portland cementom budući da kod cementa sa troskom istovremeno hidratiziraju dvije komponente i međusobno djeluju jedna na drugu. Troska se aktivira uz pomoć alkalija i kalcijum hidroksida CH koji se formira za vrijeme procesa hidratacije portland cementa, te na taj način cement sa troskom troši veliku količinu CH faze. Brzina hidratacije troske u metalurškom cementu je usporediva sa belitom (C_2S) u portland cementu. Međutim, brzina hidratacije može veoma

varirati u zavisnosti od reaktivnosti same troske. Upravo manja reaktivnost troske u odnosu na cementni klinker ima za posljedicu niže početne čvrstoće metalurškog cementa. S druge strane, u kasnijim fazama ispitivanja nakon dužeg vremenskog perioda razlika u vrijednostima čvrstoće na pritisak se smanjuje. Kod pojedinih uzoraka metalurškog cementa razvoj čvrstoća na pritisak nakon 90, 180 i 365 dana je bolji nego kod portland cementa. Očigledno je da je su latentna hidraulička svojstva granulisane visokopećne troske došla do izražaja u kasnijem periodu ispitivanja, što ima za posljedicu veći prirast čvrstoća na pritisak metalurškog cementa u odnosu na portland cement.

3. LITERATURA

- [1] EN 197-1:2000, Cement-Part1.: Composition, specifications and conformity criteria for common cements, European standard, European Committee for Standardization, 2000.
- [2] Detwiler R. J., Bathy J. I., Bhattacharja S.: Supplementary cementing materials for use in blended cements, ISBN 0-89312-142-8, Illinois, 1996.
- [3] Jost E.: Increase of early strength of slag containing cements, Heidelberg technology center, Heidelberg, 2007.
- [4] Haračić N.: Doktorska disertacija, Razvoj i proizvodnja metalurških cemenata, Tehnološki fakultet Univerziteta u Tuzli, Tuzla, 2014