

RAZVOJ METALURŠKIH CEMENATA NA BAZI ALTERNATIVNIH MATERIJALA

DESIGN OF METALLURGICAL CEMENTS ON THE BASE OF ALTERNATIVE MATERIALS

**Prof. dr. Zehrudin Osmanović, vanr. prof.
Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla**

**Dr. sc. Nedžad Haračić dipl. ing
Tvornica cementa Kakanj d.d Kakanj**

Kategorizacija rada: Stručni rad

SAŽETAK

Kada se promišlja o dizajnu/razvoju proizvoda onda se mora objektivizirati jedan od slijedećih aspekata, razvoj potpuno novih proizvoda, razvoj novih linija proizvoda, dodaci postojećih linija proizvoda, poboljšanja i revizija postojećih proizvoda, repositioniranje i smanjenje troškova. Prilikom dizajna proizvoda neophodno je napraviti plan dizajna kojeg čine šest tačaka: prikupljanje novih ideja, izbor ideja, razvoj novog proizvoda, analiza ekonomičnosti, testiranje novog proizvoda i uvođenje novog proizvoda.

U ovom radu prezentiran je dizajn metalurškog cementa na bazi domaćih sirovina, tip CEM III koji je definiran evropskim standardom EN 197-1, odnosno objektiviziran je razvoj proizvoda, i realizirane su sve tačke iz plana dizajna osim uvođenje novog proizvoda.

Ključne riječi: Cement, dizajn, metalurški cement

ABSTRACT

When considers about design/development of products then it must be objectify one of the following aspects, development of completely new products, development of new product lines, addition of existing product lines, improvements and revisions of existing products, repositioning and cost reduction. When you design a product, it is necessary to make the plan for design, which consists of six points: collecting of new ideas, ideas selection, development of new product, cost-effectiveness analysis, testing of new product and new product introduction.

In this paper is presented design of metallurgical cement based on domestic raw materials, type CEM III which is defined according to European standard EN 197-1, respectively objectified the development of product and realized all points from plan of design except introduction of newproduct.

Keywords: Cement, design, metallurgical cement

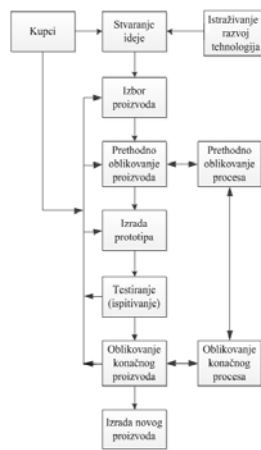
1. UVOD

Dizajn odnosno razvoj proizvoda presudno je pitanje „preživljavanja“ najvećeg broja firmi. Dok mali broj firmi ulazi u proces uvođenja svojih proizvoda, većina firmi mora ih kontinuirano mijenjati. Kod industrija koje se prilagođavaju tržištu, uvođenje novih proizvoda je način egzistiranja, pa je zato stvoren visoko sofisticirani pristup uvođenja novih proizvoda[1]. Razvoj proizvoda je rijetko samo pod odgovornošću proizvodne funkcije, ali je

proizvodnja pod velikim utjecajem uvođenja novih proizvoda. U isto vrijeme, novi proizvodi ograničeni su postojećom proizvodnjom i tehnologijom. Stoga je vrlo važno razumjeti proces dizajna novog proizvoda i njegove interakcije s proizvodnjom. Proizvod, može biti definiran kao output proizvodne funkcije i to kao roba, ili kao usluga. Stoga, takve odluke moraju biti usko koordinirane s proizvodnjom da se stvore uvjeti za njezino integriranje s oblikovanjem proizvoda. Uskom suradnjom između proizvodnje i marketinga, marketinška se i proizvodna strategija mogu integrirati u odlukama o kvaliteti, procesima, kapacitetima, zalihama i radnoj snazi [2].

2.PROCES RAZVOJA NOVOG PROIZVODA

Bez obzira na organizacijski pristup koji se koristi za razvoj novog proizvoda, slijed koraka (faza) razvoja novog proizvoda obično je isti [4]. Na Slici br. 1 prikazan je idealizirani model procesa razvoja novog proizvoda koji se sastoji od niza logičnih koraka.



Slika 1. Etape razvoja novog proizvoda

Ideje mogu dolaziti s tržišta, ili iz egzistirajućih tehnoloških sistema. Ideje s tržišta se izvode iz potreba kupaca. Identifikacija potreba tržišta može tada voditi u razvoj novih tehnologija i novih proizvoda, kako bi se zadovoljile potrebe kupaca. S druge strane, ideje mogu potjecati od raspoložive ili nove tehnologije. Mala je vjerovatnoća da će se sve ideje realizirati. Ideje o novom proizvodu moraju zadovoljiti barem tri testa provjere: tržišni potencijal, financijsku izvodljivost i proizvodna kompatibilnost [5].

Prije nego je ideja o novom proizvodu ugrađena u prethodni dizajn proizvoda, ona bi trebala biti predmet analize organizirane na osnovi sva tri testa. Svrha analize je izbor proizvoda da identificira najbolja ideje, a ne da se donese konačna odluka o prodaji i proizvodnji proizvoda. Nakon početnog razvoja, može biti izvršena mnogo ekstenzivnija analiza kroz ispitivanje tržišta i probnu proizvodnju, a prije konačne odluke o uvođenju proizvoda. Inače, analiza za izbor proizvoda može biti potpuno subjektivna u svojoj prirodi i bazirana na ograničenim informacijama.

Prethodno oblikovanje proizvoda odnosi se na razvoj najboljeg dizajna na temelju ideje o novom proizvodu. Ako je preliminarni dizajn proizvoda odobren moguće je izraditi prototip ili prototipove za daljnje ispitivanje i analize. Kod preliminarnog oblikovanja proizvoda, treba razmotriti veliki broj »tradeoff« odluka, tj. odluka razmjene, odnosno kompromisa, između troškova, kvalitete i performansi proizvoda. Rezultat toga bi trebao biti dizajn proizvoda koji je konkurentan na tržištu i „tehnologičan“ u proizvodnji.

Izrada prototipa može imati mnogo različitih oblika. U uslužnoj industriji, prototip može biti mjesto gdje se uslužni koncept može ispitati u stvarnoj upotrebi. Ako je potrebno, usluga se može modificirati, da se bolje zadovolje potrebe kupaca. Nakon što je prototip uspješno ispitan, konačni se dizajn može privesti kraju a usluga se može »koncesionirati«, ili razviti na

bazi velikih količina[3].

Ispitivanje prototipova ima za cilj provjeravanje marketinških i tehnoloških performansi. Jedan od načina je da se procijene marketinške performanse je da se izgradi dovoljan broj prototipova, za potporu tržišnom ispitivanju novog proizvoda. Svrha ispitivanja tržišta je da se prikupe kvantitativni podaci o tome kako kupci prihvaćaju proizvod.

Tokom faze konačnog oblikovanja radi se na specifikaciji proizvoda. Kao rezultat testiranja prototipa, izvjesne se promjene mogu unijeti u završni dizajn. Ako dođe do promjena, tada se proizvod treba dalje ispitivati, kako bi se osigurala konačne performanse proizvoda. Nakon toga težište treba staviti na kompletiranje proizvodnih specifikacija, kako bi se moglo krenuti u proizvodnju[4,5].

Proces istraživanja i razvoja ne bi trebao razviti samo proizvodne specifikacije, nego razviti i informacijski paket da se osigura tehnološki proizvod što se odnosi na procesnu tehnologiju, podatke izvršene kontrole kvalitete, postupke ispitivanja performansi proizvoda i dr.

Treba napomenuti da kod oblikovanja novog proizvoda može doći do velikog broja iteracija između faza. Na primjer, ispitivanje prototipa može zahtijevati vraćanje na fazu preliminarnog oblikovanja ili na izradu prototipa. U stvarnoj praksi, proces oblikovanja novog proizvoda ne ide u postupnom slijedu od početka do kraja: neki se koraci mogu preskočiti, a neki se mogu ponavljati nekoliko puta.

Proizvodni proces treba oblikovati, odnosno projektirati paralelno s procesom oblikovanja novog proizvoda. To podrazumijeva, da oblikovanje procesa neće čekati dok se završi oblikovanje proizvoda, već bi se oblikovanje procesa trebalo razvijati kao dio procesa oblikovanja proizvoda.

3.EKSPRIMENTALNI DIO

3.1. RAZVOJ METALURŠKOG CEMENTA

Proces proizvodnje cementa predstavlja složen tehnološki proces u kojem se polazni materijal, sirovinska smjesa mijenja i transformira termičkom obradom stvarajući cementni klinker [6].

Ideja o razvoju proizvoda iz grupe metalurških cementa proizlazi iz tržišnih zahtjeva i tehnoloških mogućnosti za razvoj ovog tipa uzimajući u obzir dostupnu sirovinsku bazu. Također se nameće i mogućnost upotrebe alternativnih materijala što može proizvesti više benefita. Prednosti proizvodnje i primjene metalurškog cementa u odnosu na obični Portland cement su višestruke a najznačajnije su veća konačna čvrstoća cementa, niža toplota hidratacije, bolja otpornost na sulfat/kloride, bolja obradivost i manje "znojenje" betona. Dosadašnja istraživanja su pokazala da supstitucija običnog Portland cementa s metalurškim cementom koji sadrži granuliranu visokopećnu trosku doprinosi uštedi energije u tehnološkom procesu i do 40% [7].

Evropski standard EN 197-1 dozvoljava korištenje sporednih dodataka u cementu do 5 %. S tim u vezi kao značajan konstituent kako metalurškom, tako i drugim tipovima cementa može se upotrijebiti tzv. CKD (cement kilndust) ili klinkerska/filterska prašina, koja se pojavljuje u tehnološkom procesu proizvodnje cementa [10].

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 % [10].

Za metalurški cement treba da se utvrdi:

- količina/odnos doziranja granulirane visokopećne troske,
- mogućnost izdvajanja klinkerske prašine iz procesa sinterovanja i doziranje iste kao dodatka metalurškom,
- mogućnost upotrebe povoljnijih alternativnih materijala[9]., i
- izvrši supstitucija/smanjenje udjela cementnog klinkera s visokopećnom troskom što bi za rezultat trebalo imati povećanje energetske efikasnosti procesa i smanjenje finansijskih troškova uz povoljniji ekološki efekt.

Eksperiment je urađen na način da je izvršeno uzorkovanje adekvatnih ulaznih komponenata s ciljem pripreme laboratorijskih uzoraka metalurškog cementa tipa CEM III. Miješanjem navedenih komponenti u različitim omjerima, pripremljeno je 27 laboratorijskih uzoraka metalurškog cementa od granulirane visokopećne troske iz kompanije Arcelor Mittal Zenica, gipsa iz Donjeg Vakufa, te klinkerske i filterske prašine tzv. cement kilndust (CKD) iz tehnološkog procesa proizvodnje cementa. Komponovanje sastava metalurških cementa, kao i referentnog uzorka je urađeno u skladu sa recepturama navedenim u Tabelama 1, 2, i 3.

Oznake u Tabelama 1, 2 i 3: x1-sadržaj klinkera (%), x2- sadržaj granulirane visokopećne troske (%), x3-sadržaj gipsa (%), x4- sadržaj klinkerske prašine (%), x5- sadržaj filterske prašine (%)

Tabela 1. Komponovanje uzoraka Portland cementa i metalurškog cementa tipa CEM III/A .

x5	x4	x3	x2	x1	Uzorak
-	-	4,00	61,00	35,00	U1
-	-	4,00	39,00	57,00	U2
-	-	4,00	50,00	46,00	U3
-	4,00	4,00	57,00	35,00	U4
-	4,00	4,00	35,00	57,00	U5
-	4,00	4,00	46,00	46,00	U6
4,00	-	4,00	57,00	35,00	U7
4,00	-	4,00	35,00	57,00	U8
4,00	-	4,00	46,00	46,00	U9

Tabela 2. Komponovanje uzoraka metalurškog cementa tipa CEM III/B .

x5	x4	x3	x2	x1	Uzorak
-	-	4,00	76,00	20,00	U10
-	-	4,00	68,00	28,00	U11
-	-	4,00	72,00	24,00	U12
-	4,00	4,00	72,00	20,00	U13

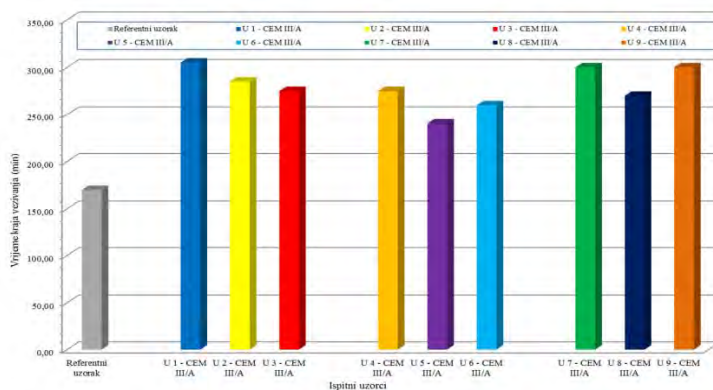
-	4,00	4,00	64,00	28,00	U14
-	4,00	4,00	68,00	24,00	U15
4,00	-	4,00	72,00	20,00	U16
4,00	-	4,00	64,00	28,00	U17
4,00	-	4,00	68,00	24,00	U18

Tabela 3. Komponovanje uzorka metalurškog cementa tipa CEM III/C .

X5	X4	X3	X2	X1	Naziv uzorka
-	-	4,00	91,00	5,00	U19
-	-	4,00	82,00	14,00	U20
-	-	4,00	86,00	10,00	U21
-	4,00	4,00	87,00	5,00	U22
-	4,00	4,00	78,00	14,00	U23
-	4,00	4,00	82,00	10,00	U24
4,00	-	4,00	87,00	5,00	U25
4,00	-	4,00	78,00	14,00	U26
4,00	-	4,00	82,00	10,00	U27

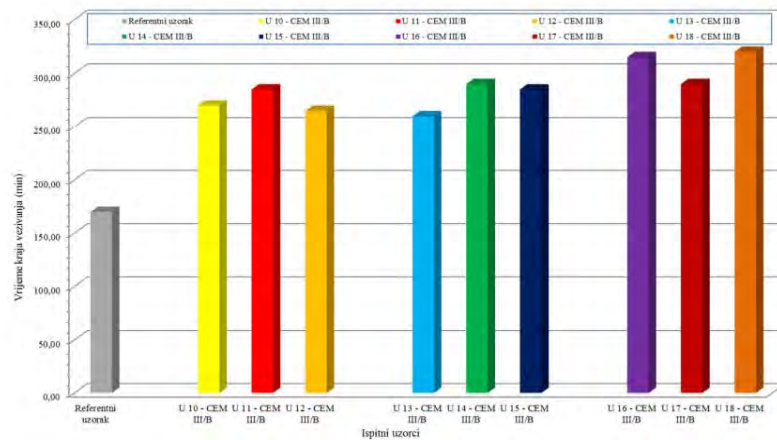
3.2. TESTIRANJA/ISPITIVANJA FIZIČKIH KARAKTERISTIKA CEMENTNOG MORTA

Nakon formiranja cementnih mortova, sljedeća faza je analiza fizičko-hemijskih karakteristika uzorka (specifična težina, specifična površina, standardna konzistencija, početak i kraj vezivanja cementa, postojanost cementa, sito analiza, i čvrstoća na savijanje i pritisak. Jedna od najbitnijih karakteristika je vrijeme završnog vezivanja cementa. Vrijeme završnog vezivanja uzorka U1(CEM III/A)-U9(CEM III/A) prikazano je na Dijagramu br. 1.



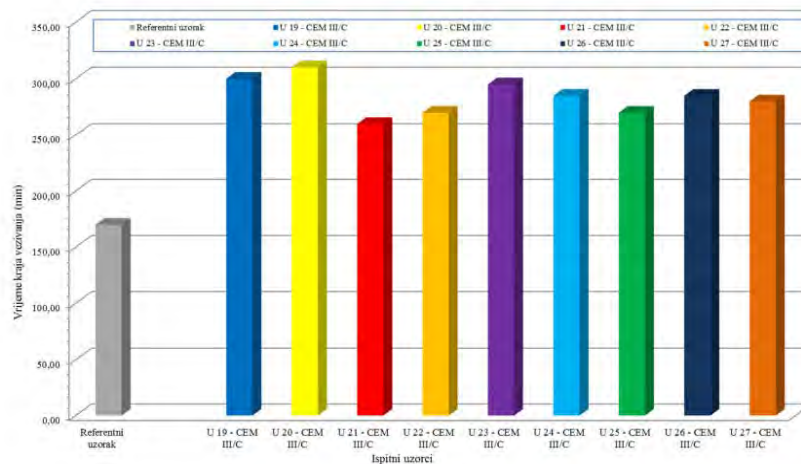
Dijagram 1. Vrijeme završnog vezivanja uzorka U1(CEM III/A)-U9(CEM III/A)

Vrijeme završnog vezivanja uzoraka U10(CEM III/B)-U18(CEM III/B) prikazano je na Dijagramu br. 2,



Dijagram 2. Vrijeme završnog vezivanja uzoraka U10(CEM III/B)-U18(CEM III/B)

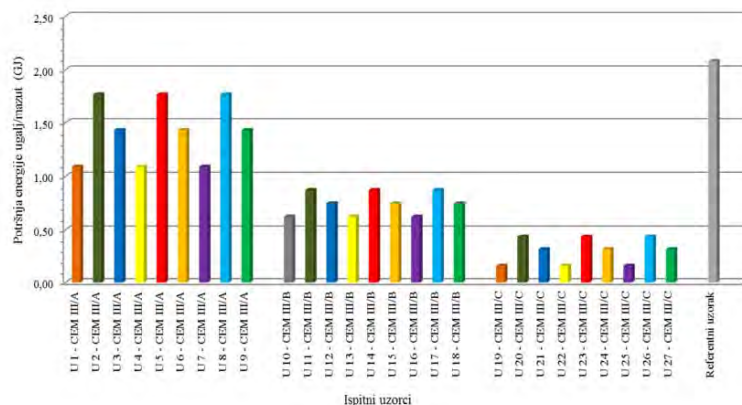
Slično kao kod CEM III/A uzoraka metalurškog cementa, tako i kod CEM III/B uzoraka vidljivo je povećano (produženo) vrijeme vezivanja kada je riječ o početku i kraju vezivanja cementa u odnosu na referentni uzorak. Vrijeme završnog vezivanja uzoraka U19(CEM III/C)-U27(CEM III/C) prikazano je na Dijagramu br. 3.



Dijagram 3. Vrijeme završnog vezivanja uzoraka U19(CEM III/C)-U27(CEM III/C)

3.3. TEHNO-EKONOMSKE KARAKTERISTIKE CEMENTNOG MORTA

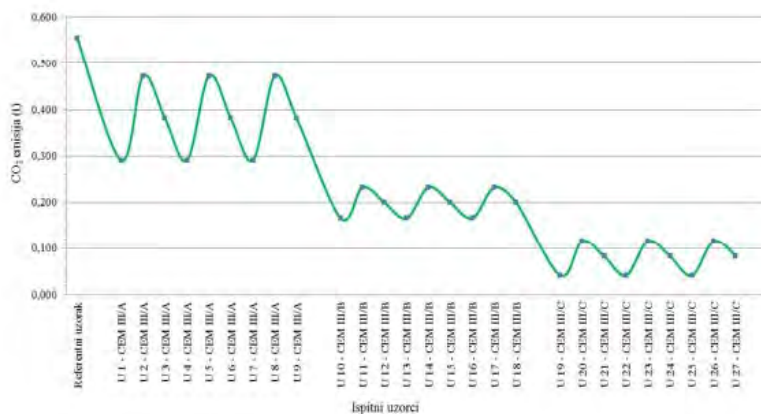
Kreirani cementni mort, odnosno proces proizvodnje cementnog morta neophodno je usporediti da procesom proizvodnje referentnog uzorka, Portland cementa. Transferirana energija (GJ) u odnosu na količinu cementnog klinkera, određena matematskim modeliranjem, te mjerenjima na tehnološkim postrojenju TC Kakanj prikazana je na Dijagramu br. 4.[11].,



Dijagram 4. Transferirana energija (GJ) u odnosu na količinu cementnog klinkera

Bez obzira da li se kao energent u procesu proizvodnje cementa koristi uglj, mazut, zemni plin ili druga alternativna goriva, cilj je u svakom slučaju minimalna potrošnja energenata. Iz dijagramskog prikaza se može vidjeti da je potrošnja energenta u odnosu na količinu proizvedenog cementnog klinkera znatno manja u slučaju proizvodnje metalurškog cementa nego što je to slučaj prilikom proizvodnje cementa tipa CEM II.

Emisija CO₂ u tehnološkom procesu proizvodnje metalurškog cementa u odnosu na referentni uzorak prikazana je na Dijagramu br. 5,[11].,



Dijagram 5. Emisija CO₂ u tehnološkom procesu proizvodnje cementa

Rezultati, određeni matematskim modeliranjem, te mjerenjima na tehnološkim postrojenju TC Kakanj prikazani na Dijagramu 5. pokazuju znatan trend smanjenja emisije prilikom proizvodnje metalurških cementa u odnosu na referentni uzorak. U današnje vrijeme je izuzetno aktualizirana priča o tzv. „CO₂ trgovanju“, te stoga ova rasprava o CO₂ emisiji dobiva na značaju. U zemljama EU važi pravilo o CO₂ trgovini između kompanija koje imaju visoke CO₂ emisije. Prema trenutnom nacrtu u vezi CO₂ trgovanja, kompanije moraju kupiti prava na CO₂ emisije koje iznose 10-20 €/t CO₂, da bi smjele „proizvoditi“ CO₂ iznad dozvoljene granice. S druge strane, neiskorištena CO₂ prava mogu biti prodana na tržištu.

4.ZAKLJUČCI

Na osnovu provedenih istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- U samom razvoju proizvoda eksperimentalno su dokazane neke od prednosti metalurških cemenata u odnosu na Portland cement.

- Matematskim modeliranjem simulirani su parametri procesa i u usporedbi s proizvodnjom Portland cementa dobiveno je smanjenje potrošnje energije odnosno energetskih resursa, niži troškovi proizvodnje, i smanjenje produkcije CO₂.
- U skladu s etapama razvoja proizvoda realizirani svi koraci osim proizvodnje/uvođenje novog proizvoda. Za ovaj dio je neophodna studija izvodivosti projekta odnosno stavljanja proizvoda iz „in vitro“ u „in vivo“okruženje.

5.LITERATURA

- [1] New Products Management for the 1980s (New York: Booz, Allen &Hamilton, 1982.).
- [2] Kotler P., Upravljanje marketingom; analiza, planiranje, primjena i kontrola; Mate d.o.o., Zagreb 1997.
- [3] Ahmad M., Benson R., Benchmarking in the Process Industries, IChemE, Rugby, UK, 1999.
- [4] Chauvel A., Manual of process economic evaluation. Editions Technip, Paris, 2003.
- [5] Newnan D. G., Eschenbach T. G., Lavelle J. P., Engineering Economic Analysis. Oxford University Press, New York, 2004.
- [6] Osmanović, Z., Zelić, J., Proizvodnja Portland cementa, ISBN 978-9958-897-04-7, Tuzla, 2010.
- [7] Bhatti, J. I., Alternative uses of cement kiln dust, RP327, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 1995.
- [8] Ehrenberg, A., CO₂ emissions and energy consumption of granulated blast furnace slag, Proceedings 3rd European slag conference, England, Euroslag publication No 2, 2003, 151-166.
- [9] Dietmar, S., Possibilities for the utilization of cement kiln dust, Heidelberg technology center, Heidelberg, 2000.
- [10] EN 197-1:2000, Cement-Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements, European standard, European Committee for Standardization, 2000.
- [11] Haračić N., Razvoj i proizvodnja metalurških cementa, Doktorska disertacija UDK 666.943(043.3), Tehnološki fakultet Tuzla, 2014