

UTJECAJ DODATAKA NA SVOJSTVA OPEKARSKIH PROIZVODA

THE EFFECTS OF ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF BRICK-CLAY PRODUCTS

Prof. dr. sc. Marina Jovanović, doc. dr. sc. Adnan Mujkanović, Erna Tutić dipl. ing., Vedija Karalić, dipl. ing.
Univerzitet u Zenici, Fakultet za metalurgiju i materijale
Zenica, BiH

Ključne riječi: opekarska glina, dodaci, svojstva

REZIME

U radu je prikazan utjecaj elektrofilterskog pepela, ugljene prašine i krečnjaka na svojstva opekarskih proizvoda. Za ispitivanje utjecaja dodataka su korištene tri vrste glina. Izvršeno je ispitivanje utjecaja dodataka na ponašanje glina pri sušenju i pečenju (skupljanje i gubitak mase), te na svojstva pečenih uzoraka (brzina upijanja vode, upijanje vode, prividna gustoća i prividna poroznost). Uzorci su pečeni na različitim temperaturama (850°C, 900°C, 950°C i/ili 1050°C), da bi se pored utjecaja dodatka pratio i utjecaj temperature pečenja na svojstva pečenih proizvoda. Dodatak sve tri vrste dodataka rezultuje dobivanjem proizvoda koji su manje osjetljivi na sušenje i povećane poroznosti nakon pečenja što daje proizvode poboljšanih fizičkih i termičkih svojstava.

Key words: brick-clay, additives, properties

ABSTRACT

The effect of fly ash, coal dust and limestone on the properties of brick products are presented in this paper. Three kinds of clay were used to test the effect of additives. There were investigated the effect of additives on the behaviour of clays during drying and firing (shrinkage and loss of weight), and the properties of fired samples (rate of water absorption, water absorption, apparent density and apparent porosity). The samples were fired at different temperatures (850°C, 900°C, 950°C and/or 1050°C) in order to investigate not only the additives effect but also the firing temperature effect on the properties of fired products. Addition of all three types of additives gives the products that are less susceptible to drying and of increased porosity after firing which results in products of improved physical and thermal characteristics.

1. UVOD

Opeka je najrasprostranjeniji proizvod i jedan od najstarijih građevinskih materijala. Prije više od 5.000 godina graditelji Mezopotamije su izumili postupak presovanja gline u kalupima i sušenja na suncu i tako dobivali građevinski materijal vrlo dobrih svojstava. Kasnije je i na ostatak svijeta preneseno znanje o dobijanju opeke. Kao sirovine za proizvodnju opekarskih proizvoda uglavnom se koriste manje kvalitetne gline čiji se mineralni i hemijski sastav kreće u širokim granicama, pri čemu osnovne sastojke predstavljaju glineni minerali. Pored glavnih glinenih minerala u sastav gline ulaze i različite

primjese koje mogu imati značajan pozitivan ili negativan utjecaj na kvalitet glina. Osim gline kao glavne sirovine, opekarska industrija koristi različite i mnogobrojne vrste dodataka. Takvi dodaci djeluju kao sporedni materijali koji mijenjaju svojstva glina sa različitim aspektata od boje proizvoda, preko čvrstoće do toplotne izolacije.

2. DODACI GLINI ZA PROIZVODNJU OPEKARSKIH PROIZVODA

Dodaci koji se koriste u opekarskoj industriji se mogu podijeliti u tri glavne skupine:

- sredstva za povećanje poroznosti – dodaci koji služe za povećanje poroznosti i za poboljšanje toplotne zaštite građevina,
- mineralni dodaci – za poboljšanje mineraloške strukture proizvoda, npr. kao pomoćno sredstvo kod sinteriranja,
- drugi dodaci – sastoje se od ostalih sredstava za poboljšanje ili ciljano mijenjanje proizvodnih ili upotrebni svojstava proizvoda [1].

2.1. Sredstva za povećanje poroznosti

Karbonatne gline, ugalj, ugljena prašina i ostaci nakon oplemenjivanja uglja se koriste kao dodaci za postizanje poroznosti. Prilikom sagorjevanja karbonatne gline, uglja i ugljene prašine se oslobađa znatno veća energija u odnosu na drvenu piljevinu. Stoga je ograničena količina ovih dodataka, a time i poroznost koja se može postići.

Ovoj grupi dodataka pripada i leteći pepeo koji predstavlja otpadni materijal nastao u termoelektranama loženim na ugljen, a koji se pomoću elektrostatskih filterskih uređaja separira iz otpadnih plinova. Savremeni postupak proizvodnje ovakog tipa opeke koristi C klasu letećeg pepela. Ova metoda proizvodnje štedi energiju, a dobiveni proizvod je veoma visoke čvrstoće [1,2].

Osim navedenih, kao dodaci za povećanje poroznosti, koriste se još i piljevina i drugi otpaci od drveta, pjenasti polistirol, talozi nastali kod proizvodnje papira i papirnih vlakana, organski ostaci kod proizvodnje hrane i papira, dijatomejska zemlja, perlit i dr.

2.2. Mineralni aditivi

Kvarcni pijesak, prah (prašina) i pijesak od prirodnog kamena su mineralni dodaci koji obično služe kao opošćivači za tzv. masne, odnosno previše plastične gline. Prašina prirodnog kamena može također izazvati druge promjene, naročito u boji i ponašanju kod sinteriranja. Ni upotreba kvarcnog pijeska nije bez neželjenih posljedica, zbog njegovih modifikacijskih promjena prilikom zagrijavanja i hlađenja [1].

Praškasti krečnjak, kreda i dodaci na bazi glinenog laporca služe za različite svrhe, počevši od promjena ponašanja pri pečenju, preko čvrstoće proizvoda, stvaranja izuzetno finih pora, do utjecaja na emisiju. Naime, prisustvo karbonata dovodi do znatnog vezivanja fluora i njegovog zadržavanja u proizvodu i na taj način smanjuje njegovu štetnu emisiju. Fluor se prvenstveno može naći u strukturi ilita, montmorilonita i liskuna i njegova količina u opekarskim glinama kreće se od 0,03 do 0,15 mas%. Tokom pečenja emisija fluora počinje na 400°C, a ubrzava se nakon 900°C i zavisi od procesa sinteriranja, vremena zadržavanja na visokim temperaturama, poroznosti proizvoda i količine vlage u atmosferi peći. Krečnjak koji se u glini može pojaviti u vidu pijeska ili praha, različito utječe na gotove formirane proizvode od gline. Prah krečnjaka (do 20%) ravnomjerno raspoređen po cijeloj masi gline nije od naročitog utjecaja na tvrdoću i jačinu opeka, jedino što im donekle povećava poroznost. Međutim, krečnjak u vidu pijeska vrlo je štetan, jer ne samo da otežava dobro miješanje i kalupljenje mase već se ovi komadići pod dejstvom toplote pretvaraju u kreč koji pod utjecajem vlage i vode povećava svoju zapreminu i stvara „kokice“, koje često dovode do rasprskavanja gotovih dijelova, naročito tankih proizvoda (crijep i cijevi).

2.3. Drugi dodaci

Za poboljšanje tečljivosti glina u ekstruderu često se dodaju površinski aktivne tvari (deterdženti). Barijev karbonat vezuje rastvorljive sulfate i tako sprječava eflorescenciju.

Gline često imaju prevelik sadržaj vlage, naročito u proljeće i jesen, pa se mogu koristiti samo ako im se doda velika količina sredstava za smanjenje vlage. Za ove svrhe najčešće se koriste cement, kreč, suha usitnjena glina i drugi dodaci koji u nekim slučajevima znatno utječu na smanjenje kvaliteta proizvoda i povećanje troškova proizvodnje, dok je korištenje različitih vrsta perlita za te svrhe pokazalo veoma dobre rezultate [1].

Fosfati i soda predstavljaju aditive za povećavanje plastičnosti glina. Prilikom izbora najadekvatnijeg agensa podrazumjeva se potreba izvođenja probe, jer nekad čak i male količine platifikatora mogu dovesti do porasta plastičnosti cijelog sistema [2].

3. METODE ISPITIVANJA

Cilj provedenog istraživanja je da se ispita utjecaj dodataka na svojstva glina. U istraživanju su korištene tri vrste glina: „Čavka“ kod Busovače, „Golo Brdo“ kod Visokog i „Rapajlo“ kod Sarajeva, a kao dodaci su korišteni elektrofilterski pepeo iz Termoelektrane „Kakanj“, samljeveni uglj iz Rudnika mrkog uglja „Kakanj“ i sivi krečnjak „Stanić“ iz Kreševa. U radu su prikazana najvažnija svojstva ispitivanih glina i svojstva ispitivanih glina sa određenom količinom dodataka. Za ispitivanje utjecaja dodataka su pripremljene sljedeće mješavine:

1. glina „Čavka“ s 10 mas% elektrofilterskog pepela Termoelektrane „Kakanj“ i glina „Golo Brdo“ s 10 mas% elektrofilterskog pepela Termoelektrane „Kakanj“;
2. mješavina gline „Rapajlo“ s 10 mas% i s 20 mas% samljevenog uglja iz Rudnika mrkog uglja „Kakanj“ i
3. glina „Golo Brdo“ s 10 mas% i s 20 mas% sivog krečnjaka „Stanić“. Dodavane su dvije frakcije krečnjaka: ispod i iznad 63 μm .

U tabeli 1. je prikazan hemijski sastav gline „Čavka“, „Golo Brdo“ i „Rapajlo“. Pored hemijskog sastava korištenih glina, u tabeli 1 je prikazan i hemijski sastav elektrofilterskog pepela i krečnjaka. Hemijski sastav korištenog uglja nije poznat.

Tabela 1. Hemijski sastav polaznih materijala

Komponenta	Hemijski sastav [%]				
	Glina „Čavka“	Glina „Golo Brdo“	Glina „Rapajlo“	Elektrofilterski pepeo Termoelektrane „Kakanj“	Krečnjak „Stanić“
SiO ₂	52,2	64,5	67,6	39,8	0,02
Al ₂ O ₃	20,2	15,7	12,9	20,48	< 0,01
Fe ₂ O ₃	11,58	5,43	6,86	7,15	0,19
TiO ₂	1,82	0,63	0,55	0,66	< 0,01
CaO	0,31	0,53	0,03	25,6	55,5
MgO	1,54	0,91	0,76	1,64	0,37
K ₂ O	3,99	4,6	3,63	1,69	0,05
Na ₂ O	1,13	0,96	0,24	0,32	0,01
G. ž.	6,81	6,17	7,28	0,95	43,63

U radu je ispitan utjecaj dodataka na ponašanje pri sušenju i pečenju (skupljanje i gubitak mase), te na svojstva pečenih uzoraka (brzina upijanja vode, upijanje vode, prividna gustoća i prividna poroznost). Pločice koje su pripravljene uz dodatak elektrofilterskog pepela su pečene na tri različite temperature (850°C, 950°C i 1050°C), da bi se pored utjecaja dodatka pepela pratio i utjecaj temperature pečenja na svojstva pečenih proizvoda. Pločice pripravljene sa dodatkom ugljene prašine su pečene na temperaturi 850°C, dok su prizme napravljene od mješavine gline i krečnjaka pečene na 900°C.

3.1. Ponašanje gline pri sušenju i pečenju

Za potrebe ovog ispitivanja su napravljene pločice dimenzija 80×40×14 mm i prizme dimenzija 16,4×4×4 cm pomoću metalnog kalupa. Na sirove pločice i prizme se ucrtaju dijagonale i pomoću čeličnog kruga na dijagonale se nanese reperne točke preko kojih se prati skupljanje gline. Gubitak mase pri sušenju i pečenju se računa prema sljedećoj formuli:

$$\frac{\Delta G}{G_0} = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

gdje je:

G_0 – masa prije tretmana [g]

G_1 – masa poslije tretmana [g].

Dimenzijske promjene (skupljanje) se prikazuju kao postotni udio linearnih promjena u odnosu na početnu duljinu prema sljedećoj formuli:

$$\frac{\Delta S}{S_0} = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

gdje je:

S_0 – duljina prije tretmana [mm]

S_1 – duljina poslije tretmana [mm].

3.2. Svojstva pečenih uzoraka

Određivanje brzine upijanja vode vrši se tako što se pečena pločica ili prizma stavlja pljoštimice u vodu do polovine visine i drži jednu minutu, zatim se pločica obrisana vlažnom krpom vaga i iz količnika mase upijene vode i površine izračuna brzina upijanja vode, što je prikazano u sljedećoj formuli:

$$v = \frac{m}{P} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \quad (3)$$

gdje je:

m - masa upijene vode [kg]

P – površina upijanja [m^2].

Za određivanje upijanja vode pločice se prvo 24 sata potope do polovine duljine u vodu (postavljaju se uspravno), zatim se potpuno prekriju vodom i tako potopljene drže sljedeća 24 sata. Vlažne pločice se važu i iz razlike mase vlažnih i suhih pločica, nakon pečenja izračuna se masa upijene vode. Postotni udio upijene vode u odnosu na masu suhe pločice daje upijanje vode. Računanje upijanja vode, prividne gustoće, prividne i ukupne poroznosti je na sljedeći način:

$$U_v = \frac{m_3 - m_1}{m_1} \cdot 100 [\%] \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \cdot \rho_v \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right] \quad (5)$$

$$P_p = \frac{m_3 - m_1}{m_3 - m_2} \cdot 100 [\%] \quad (6)$$

$$P_u = \left[1 - \frac{\gamma}{\rho} \right] \cdot 100 [\%] \quad (7)$$

gdje je:

m_1 - masa suhog uzorka [g]

m_2 - masa uzorka zasićenog vodom u vodi (hidrostaticko vaganje) [g]

m_3 - masa uzorka zasićenog vodom na zraku [g]

γ - prividna gustoća [g/cm^3]

ρ - stvarna gustoća [g/cm^3]

U_v – upijanje vode [%]

P_p – prividna poroznost [%]

P_u – ukupna poroznost [%] [3].

4. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

4.1. Utjecaj elektrofilterskog pepela na svojstva gline „Čavka“ i gline „Golo Brdo“

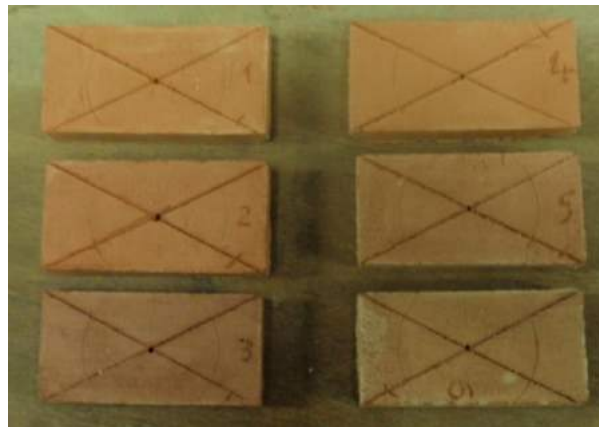
Tabela 2. Rezultati ispitivanja glina i mješavina gline i elektrofilterskog pepela

Svojstvo		Mješavina			
		Glina „Čavka“	Mješavina gline „Čavka“ i pepela	Glina „Golo Brdo“	Mješavina gline „Golo Brdo“ i pepela
Gubitak mase pri sušenju [%]		20,01	21,16	17,95	18,56
Skupljanje pri sušenju [%]		5,94	4,80	4,83	3,78
Gubitak mase pri pečenju [%]	850°C	6,71	6,38	5,42	5,29
	950°C	6,84	6,56	5,61	5,35
	1050°C	6,91	7,91	5,83	5,64
Skupljanje pri pečenju [%]	850°C	0,63	0,73	- 0,35	0,06
	950°C	1,37	2,60	0,38	0,12
	1050°C	5,92	4,48	2,97	1,68

U tabeli 2. su prikazane vrijednosti za gubitak mase i skupljanje gline „Čavka“ i gline „Golo Brdo“ i mješavina obje vrste gline sa 10 mas% elektrofilterskog pepela iz koje se vidi da dodatak pepela povećava gubitak mase, a smanjuje skupljanje pri sušenju. Smanjenje skupljanja kod sušenja je izuzetno povoljan efekat, jer se time povećava mogućnost bržeg sušenja, a s time i ušteda energije i vremena. Osim toga, proizvodi sa manjim skupljanjem pri sušenju su manje osjetljivi na sušenje, odnosno imaju manje pukotina koje nastaju pri ovom procesu.

Iz tabele se vidi da se sa povećanjem temperature pečenja povećava i gubitak mase i skupljanje. Dodatak pepela glini „Čavka“ na nižim temperaturama pečenja neznatno smanjuje gubitak mase, a povećava skupljanje. Međutim na najvišoj temperaturi pečenja, situacija je obrnuta. Na ovoj temperaturi dodatak pepela glini „Čavka“ povećava gubitak mase, a smanjuje skupljanje. Očito se na ovoj temperaturi dešavaju neke reakcije vezane za pepeo koje dovode do ovakvih pojava. Sa dodatkom elektrofilterskog pepela glini „Golo Brdo“ malo se smanjuje gubitak mase pri pečenju. Glina „Golo Brdo“ pečena na 850°C pokazuje širenje, a na višim temperaturama dolazi do skupljanja. Dodatak pepela eliminiše

širenje na 850°C, a smanjuje skupljanje na višim temperaturama. Na slici 1 je prikazan izgled pločica od gline „Čavka“ nakon pečenja. Pločice 1, 2 i 3 su od gline bez dodatka, pečene na 850°C, 950°C i 1050°C, a pločice 4, 5 i 6 su sa dodatkom pepela, pečene na istim temperaturama.



Slika 1. Izgled pečenih pločica od gline „Čavka“

U tabeli 3 su prikazana svojstva pečenih uzoraka gline „Čavka“ i mješavine gline i pepela i vidi se da sa povećanjem temperature pečenja dolazi do smanjenja brzine upijanja vode, upijanja vode i prividne poroznosti, a povećanja prividne gustoće kod pločica od gline bez dodatka pepela. Upijanje vode kod pločice pečene na 1050°C je ispod dozvoljene granice od 8% za zidne elemente od gline [4], što pokazuje da je to previsoka temperatura za termički tretman ove vrste gline. Slično ponašanje pokazuju i pločice od gline sa dodatkom pepela, osim kod brzine upijanja vode, koja je najveća kod pločica pečenih na 950°C. Dodatak elektrofilterskog pepela dovodi do povećanja brzine upijanja vode, upijanja vode i prividne poroznosti, a smanjenja prividne gustoće, što u konačnici daje lakše proizvode boljih izolacionih karakteristika.

Tabela 3. Svojstva pečenih uzoraka gline „Čavka“ i mješavine gline i pepela

Temperatura pečenja (°C)	Svojstvo							
	Brzina upijanja vode [kg/m ²]		Upijanje vode [%]		Prividna gustoća [g/cm ³]		Prividna poroznost [%]	
	Glina	Glina i pepeo	Glina	Glina i pepeo	Glina	Glina i pepeo	Glina	Glina i pepeo
850	1,20	1,74	18,23	20,15	1,71	1,63	31,68	33,36
950	1,13	1,96	12,80	15,03	1,85	1,78	24,48	27,08
1050	0,45	1,12	5,33	10,60	2,06	1,90	11,15	20,43

U tabeli 4. su prikazana svojstva pečenih uzoraka gline „Golo Brdo“ i mješavine gline i pepela i iz tabele se vidi da sa povećanjem temperature termičkog tretmana ispitivanih materijala dolazi do povećanja prividne gustoće, a poroznost i upijanje vode se smanjuju, što ukazuje na povećanje stepena sinterovanja materijala s povećanjem temperature. Najveća brzina upijanja vode je kod pločica pečenih na 950°C. Sa dodatkom pepela, glini „Golo Brdo“, u količini od 10 mas% smanjuje se prividna gustoća, dok se brzina upijanja vode, upijanje vode i poroznost povećavaju, čime se dobivaju proizvodi boljih izolacionih karakteristika.

Tabela 4. Svojstva pečenih uzoraka gline „Golo Brdo“ i mješavine gline i pepela

Temperatura pečenja [°C]	Svojstvo							
	Brzina upijanja vode [kg/m ²]		Upijane vode [%]		Prividna gustoća [g/cm ³]		Prividna poroznost [%]	
	Glina	Glina i pepeo	Glina	Glina i pepeo	Glina	Glina i pepeo	Glina	Glina i pepeo
850	1,85	3,37	16,50	19,50	1,72	1,64	28,40	32,00
950	2,333	3,83	14,60	18,60	1,75	1,67	25,70	31,20
1050	1,31	3,36	9,60	15,40	1,90	1,75	18,30	26,90

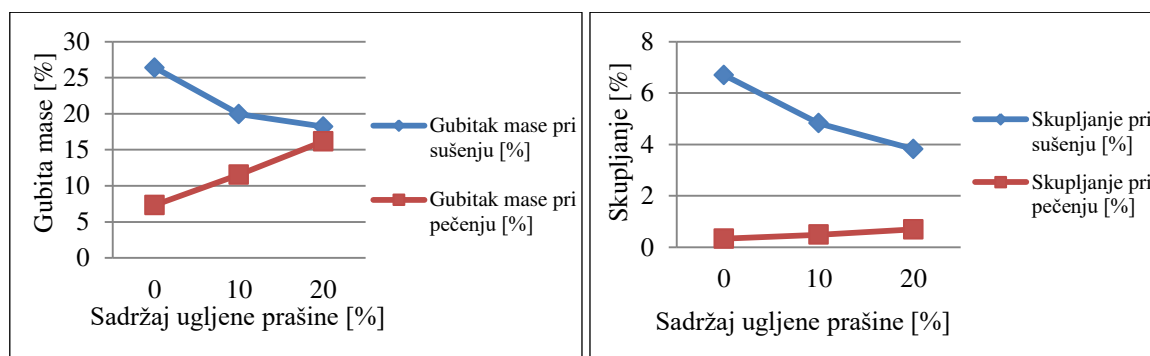
4.2. Utjecaj ugljene prašine na svojstva gline „Rapajlo“

Za ispitivanje utjecaja dodatka ugljene prašine glini „Rapajlo“ su napravljene tri glinene mješavine. Prva mješavina nije sadržavala ugalj, odnosno sastojala se samo od gline, druga mješavina je sadržavala 10 mas% uglja, a treća mješavina je sadržavala 20 mas% uglja. Rezultati ispitivanja su prikazani u tabeli 5.

Tabela 5. Rezultati ispitivanja gline „Rapajlo“ i mješavina gline i ugljene prašine

Svojstvo	Mješavina		
	Glina „Rapajlo“	Glina sa 10% uglja	Glina sa 20% uglja
Gubitak mase pri sušenju [%]	26,38	19,93	18,2
Skupljanje pri sušenju [%]	6,70	4,82	3,82
Gubitak mase pri pečenju [%]	7,32	11,54	16,16
Skupljanje pri pečenju [%]	0,33	0,49	0,69
Brzina upijanja vode [kg/m ²]	0,79	1,09	1,85
Upijanje vode [%]	17,9	20,3	23,2
Prividna poroznost [%]	31,55	32,95	35,3
Prividna gustoća [g/cm ³]	1,76	1,62	1,52

Dodatkom uglja se smanjuje gubitak mase i skupljanje pri sušenju, a povećava gubitak mase i skupljanje glinenih mješavina pri pečenju (slika 2).



Slika 2. Gubitak mase i skupljanje pri sušenju i pečenju

Iz tabele 5. se vidi da se brzina upijanja vode povećava sa povećanjem sadržaja ugljene prašine što navodi na zaključak da se sagorijevanjem ugljene prašine prilikom pečenja glinene mase mijenja struktura pora, odnosno povećava udio kapilarnih pora koje utječu na ubrzano upijanje vode. Sa povećanjem udjela uglja povećava se i upijanje vode i prividna poroznost, a smanjuje prividna gustoća što ovim proizvodima daje poboljšana termoizolaciona svojstva.

4.3. Utjecaj krečnjaka na svojstva gline “Golo Brdo”

Za ispitivanje utjecaja dodatka krečnjaka glini „Golo Brdo“ napravljeno je pet mješavina koje su označene sljedećim simbolima:

I – glina bez dodatka krečnjaka,

II – 10 mas% krečnjaka ispod 63 μ m i 90 mas% gline,

III – 20 mas% krečnjaka ispod 63 μ m i 80 mas% gline,

IV – 10 mas% krečnjaka iznad 63 μ m i 90 mas% gline i

V – 20 mas% krečnjaka iznad 63 μ m i 80 mas% gline.

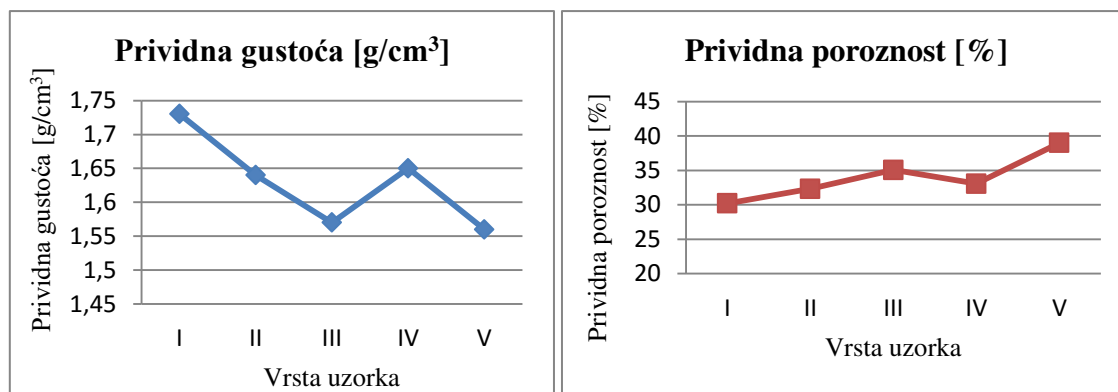
Uzorci su pečeni na 900°C, a rezultati ispitivanja su dani u tabeli 6.

Tabela 6. Rezultati ispitivanja gline „Golo Brdo“ i mješavine gline i krečnjaka

Svojstvo	Mješavina				
	I	II	III	IV	V
Gubitak mase pri sušenju [%]	18,53	18,36	17,92	18,29	18,14
Skupljanje pri sušenju [%]	5,25	4,33	3,23	4,59	4,47
Gubitak mase pri pečenju [%]	7,46	11,15	14,86	11,11	14,79
Skupljanje pri pečenju [%]	0,31	0,87	0,59	1,14	0,97
Brzina upijanja vode [kg/m ²]	2,77	3,09	3,37	3,14	3,63
Upijanje vode [%]	17,40	19,68	22,28	20,00	24,90
Prividna gustoća [g/cm ³]	1,73	1,64	1,57	1,65	1,56
Prividna poroznost [%]	30,22	32,32	35,07	33,06	39,00

Iz tabele 6. se vidi da krečnjak pozitivno utječe na ponašanje gline pri sušenju zbog toga što smanjuje skupljanje gline pri sušenju. Smanjeno skupljanje kod sušenja smanjuje deformacije pri sušenju i mogućnost stvaranja pukotina koje bi se mogle pojaviti kasnije kod pečenja. Gubitak mase kod sušenja se ne razlikuje mnogo, jer je svim mješavinama dodavana ista količina vode. Dodatak krečnjaka glinenim mješavinama dovodi do povećanja skupljanja i gubitka mase pri pečenju što je posljedica razlaganja krečnjaka i izdvajanja CO₂ i srazmjeran je dodanoj količini krečnjaka. Povećanjem udjela krečnjaka sa 10% na 20% u uzorcima se povećava gubitak mase, a smanjuje skupljanje pri pečenju. Veće povećanje skupljanja pri pečenju se primjećuje kod krečnjaka krupnije granulacije, dok je razlika u gubitku mase neznatna.

Dodatak krečnjaka glinenim mješavinama dovodi do povećanja upijanja vode, brzine upijanja vode i prividne poroznosti i do smanjenja prividne gustoće. Sa povećanjem udjela krečnjaka sa 10% na 20% povećavaju se i efekti utjecaja. Veće upijanje vode i veća prividna poroznost se primjećuju kod prizmi sa krečnjakom krupnije granulacije u odnosu na prizme sa krečnjakom sitnije granulacije, jer krupnije čestice krečnjaka pri razlaganju otpuštaju veće količine CO₂ s jednog mjesta i stvaraju više pora. Na slici 3. je prikazana promjena prividne gustoće i prividne poroznosti u odnosu na vrstu uzorka.



Slika 3. Prividna gustoća i prividna poroznost uzoraka

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je izvršeno ispitivanje utjecaja dodatka na svojstva opekarskih glina. Korištene su tri različite vrste glina i to: glina „Čavka“, glina „Golo Brdo“ i glina „Rapajlo“. Od dodatka je korišten elektrofilterski pepeo, ugljena prašina i krečnjak.

Dodatak od 10 mas% elektrofilterskog pepela Termoelektrane „Kakanj“ glini „Čavka“ povećava gubitak mase pri sušenju, skupljanje pri pečenju, brzinu upijanja vode, upijanje vode i prividnu poroznost, a smanjuje skupljanje pri sušenju, gubitak mase pri pečenju i prividnu gustoću ispitivanih pločica na temperaturama ispod 1050°C. Temperatura od 1050°C se pokazala kao previsoka temperatura za pečenje ove gline, jer se dobiju pločice sa upijanjem vode manjim od dozvoljenog za zidne elemente. Na osnovu rezultata ispitivanja može se reći da ispitivani elektrofilterski pepeo služi kao dobar dodatak za ispitivanu glinu i da se može koristiti sa udjelom od 10 mas% bez štetnog utjecaja na gotove proizvode. Dodatkom ovog pepela ispitivanoj glini dobije se glinena mješavina manje osjetljiva na sušenje, a koja poslije pečenja ima veću poroznost, odnosno bolja izolaciona svojstva.

Dodatak elektrofilterskog pepela Termoelektrane „Kakanj“, u količini od 10 mas%, glini „Golo Brdo“ povećava gubitak mase pri sušenju, brzinu upijanja vode, upijanje vode i prividnu poroznost, a smanjuje skupljanje pri sušenju i pečenju, gubitak mase pri pečenju i prividnu gustoću. S povećanjem temperature termičkog tretmana ispitivanih materijala dolazi do povećanja prividne gustoće, a poroznost i upijanje vode se smanjuju, što ukazuje na povećanje stepena sinterovanja materijala s povećanjem temperature. Na osnovu rezultata ispitivanja može se zaključiti da se elektrofilterski pepeo Termoelektrane „Kakanj“ može koristiti kao dodatak glini „Golo Brdo“ u količini od 10 mas%, jer neznatno mijenja njena osnovna svojstva kao sirovine za proizvodnju opeka, a u nekim područjima ih čak i poboljšava, jer smanjuje osjetljivost glinene mješavine na sušenje i povećava poroznost pečenih proizvoda, što daje materijal boljih termoizolacionih karakteristika.

Pozitivna strana mogućnosti proizvodnje opekarskih proizvoda na bazi gline i letećeg pepela je ta što leteći pepeo predstavlja industrijski otpadak, pa njegovim korištenjem u proizvodnji opekarskih proizvoda rješava se problem uklanjanja ogromnih deponija ovog industrijskog otpatka, a ujedno se i štedi osnovna sirovina, u ovom slučaju glina.

Dodatak ugljene prašine od uglja iz Rudnika mrkog uglja „Kakanj“ glini „Rapajlo“ u količini od 10 mas% i 20 mas% smanjuje gubitak mase i skupljanje pri sušenju i prividnu gustoću, a povećava gubitak mase i skupljanje pri pečenju, brzinu upijanja vode, upijanje vode i prividnu poroznost. Kao povoljan efekat dodatka uglja ispitivanoj glini može se izdvojiti smanjenje osjetljivosti mješavine gline i uglja na sušenje, te činjenica da su sinterovani uzorci dobiveni iz mješavine gline i uglja veće poroznosti, što im daje poboljšana termoizolaciona svojstva.

Krečnjak „Stanić“ je dodavan glini „Golo Brdo“ u količini od 10 mas% i 20 mas% i to u frakcijama ispod i iznad 63 μm . Dodatak krečnjaka smanjuje skupljanje i gubitak mase pri sušenju i prividnu gustoću, a povećava gubitak mase i skupljanje pri pečenju, volumen, brzinu upijanja vode, upijanje vode, prividnu poroznost. Rezultati dobiveni ovim ispitivanjem pokazuju da se ispitivani krečnjak može uspješno dodavati ispitivanoj glini i da se dobije materijal manje osjetljivosti na sušenje, koji je nakon pečenja većeg volumena, manje gustoće i veće poroznosti što rezultuje poboljšanjem fizičkih i termičkih svojstava proizvoda.

6. LITERATURA

- [1] Koldžić, E. i dr.: Opeka od sirovine do gotovog proizvoda, Fakultet za metalurgiju i materijale, Zenica 2010.,
- [2] Brkić, M.: Uticaj dodatka ugljene prašine na keramička svojstva glina sa lokaliteta Rakovica, diplomski rad, Univerzitet u Zenici, FMM, Zenica 2014.,
- [3] Mašić, S.: Utjecaj dodatka elektrofilterskog pepela na osobine opekarske gline „Golo Brdo“, diplomski rad, Univerzitet u Zenici, FMM, Zenica 2013.,
- [4] Brzaković, P.: Priručnik za proizvodnju i primenu građevinskih materijala nemetaličnog porekla, Knjiga 2, Orion Art, Beograd 2000.,
- [5] Merdan, E.: Mogućnost proizvodnje opeke na bazi gline ležišta „Čavka“ i elektrofilterskog pepela iz termoelektrane „Čatići“ Kakanj, diplomski rad, Univerzitet u Zenici, FMM, Zenica 2013.,
- [6] Tutić E., Bečirhodžić Dž., Sarajlić A., Jašarević J., Jovanović M.: Approximate mineralogical composition of clays, 1st international student conference on mining, metallurgy, chemical engineering, material science and related fields, Bor, Srbija, Oktobar, 2014.,
- [7] Selimspahić A., Berbić H., Bečirhodžić Dž., Tutić E., Mujkanović A.: An overview of additives in fired clay brick, 1st student conference on mining, metallurgy, chemical engineering material science and related fields, Bor, Srbija, Oktobar, 2014.