



*Radomir Vasić<sup>1</sup>, Miloš Vasić<sup>2</sup>*

## **UTICAJ FENOMENA VLAŽNOG ŠIRENJA NA DEGRADCIJU I TRAJNOST OPEKA U ZIDANIM KONSTRUKCIJAMA**

### **Rezime**

Fenomen vlažnog širenja je spontani i dugotrajni proces koji se odigrava odmah po izlasku opeka iz peći i koji traje godinama, odnosno sve vreme dok materijal fizički egzistira. U principu, proces povećanja zapremine pečenih proizvoda u početku se odigrava većom brzinom i sa tokom vremena sve više se usporava, da bi se po isteku više godina sveo na praktično zanemarljive vrednosti. Posledice odigravanja ovog štetnog fenomena su veoma velike i u slučaju sprečenog širenja manifestuju se kao pucanje i raspadanje opeka a u najtežim slučajevima dolazi i do oštećenja dela ili cele zidane konstrukcije.

### **Ključne reči**

opekarski proizvodi, vlažno širenje, degradacija

## **FENOMENON OF MOISTURE EXPANSION AND ITS INFLUENCES ON DEGRADATION OF BRICKS IN MASONRY**

### **Summary**

Moisture expansion is a spontaneous long term process that starts at the very moment when a brick leaves kiln and continues for years, namely during the physical existence of the material. In principle, the volume increase process in fired products occurs at a high rate in the beginning but increasingly slows down with time, so that at the expiry of several years it is reduced to practically negligible values. Degradation of brick products, fissure or destruction, appeared as a result of restrained expansion of ceramics body in masonry and ware caused by moisture expansion phenomenon.

### **Key words**

brick products, moisture expansion, degradation

---

<sup>1</sup> *Dr, naučni savetnik, Institut za ispitivanje materijala a.d. 11000 Beograd,  
Bulevar vojvode Mišića br.43, e-mail: radomir.vasic@institutims.co.yu*

<sup>2</sup> *Dipl.ing, stručni saradnik, Institut za ispitivanje materijala a.d. 11000 Beograd,  
Bulevar vojvode Mišića br.43, e-mail: miloš.vasic@institutims.co.yu*

## 1. UVOD

Vlažno širenje keramičkih proizvoda je 1928 godine prvi zapazio i delimično objasnio Schurecht<sup>[1]</sup> proučavajući pojavu vlasavosti kod keramičkih glaziranih pločica. On je nakon više puta uzastopnog ponovljenog zagrevanja istog uzoraka terakote u dilatometru do temperature od 750°C, konstatovao da se izgled krive termičkog istežanja snimljen prilikom prvog zagrevanja razlikuje od izgleda krivih dobijenih prilikom zagrevanja u sledećim optima, pri čemu su sve sledeće krive bile identične. Otkako je Schurecht otkrio fenomen vlažnog širenja stvorene su razne predstave o mehanizmu vlažnog širenja. O njima u literaturi postoje podaci koji datiraju iz ranih 30-ih pa sve do današnjih dana. Za objašnjenje ovog fenomena u literaturi se pominju tri glavne grupe hipoteza:

- **Hipoteze o rehidratacionom mehanizmu**<sup>[2-3]</sup> koje povećanje zapremine pečenih poroznih keramičkih proizvoda tokom vremena, objašnjavaju delimičnim, povratnim formiranjem glinenih minerala usled odigravanja hemijskih reakcija između konstituenata keramičkog crepa i vode i vodene pare iz okolne sredine.
- **Hipoteze koje se zasnivaju na hidrolizi staklaste mase**<sup>[4-6]</sup> i koje povećanje zapremine pečenih poroznih keramičkih proizvoda objašnjavaju formiranjem hidrata i
- **Hipoteze o sorpcionom mehanizmu**<sup>[7-8]</sup> vlažnog širenja keramičkog tela koje je prouzrokovano absorpcijom vode na površini tela, usled čega dolazi do smanjenja površinske energije. Na taj način se oslobađa deo kompresivne sile pod kojom je telo bilo, a obzirom da keramičko telo poseduje elastičnost, telo elastično ekspandira.

Do sada ni jedna od postavljenih teza ne može se prihvatiti kao isključivo važeća za objašnjenje vlažnog širenja keramičkih materijala. Nažalost ovaj fenomen nije dovoljno poznat kod šire naučne i stručne javnosti pa se otuda, vrlo često u svakodnevnom životu srećemo sa štetnim posledicama ovog fenomena.

## 2. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

Na zahtev investitora jednog stambenog naselja u Beogradu, saradnici instituta za ispitivanje materijala izvršili su pregled jednog stambenog objekta odnosno zidova izgrađe-



Slika 1: Pojava pukotina na opekama



Slika 2: Pojava destrukcija opeka u zidu

nih od fasadne opeke jednog domaćeg proizvođača. Na fotografijama Sl.1 i Sl.2 dat je prikaz oštećenja fasadnih opeka, a na Sl.3 i Sl.4 prikaz oštećenja zida i dela betonske konstrukcije.



*Slika 3: Pojava destrukcije zida*



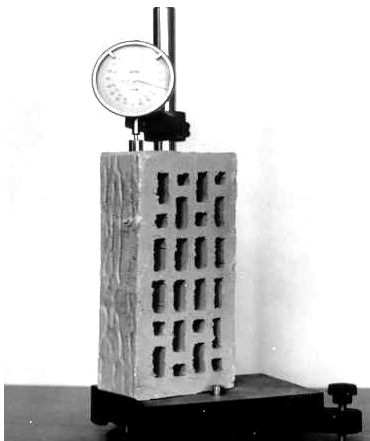
*Slika 4: Pojava destrukcijabetonskog ispusta*

Tom prilikom konstatovane su velike razmere oštećenja opeka, na karakterističnim mestima u zidovima, koja su vrlo specifična i koja su karakteristična za oštećenja, nastala usled sprečenog širenja opeka kao posledica odigravanja fenomena vlažnog širenja.

Sprovedena eksperimentalna određivanja vlažnog širenja, urađena na epruветama dimenzija 50 x 5 x 5 mm, isečenim iz opeka izvađenih iz zidova, pokazala su da su opeke ovog proizvođača, ugrađene u zidove ovog stambenog objekta posedovale veliku sklonost ka vlažnom širenju odnosno povećanje dimenzija je iznosilo oko 0,4 mm/m.

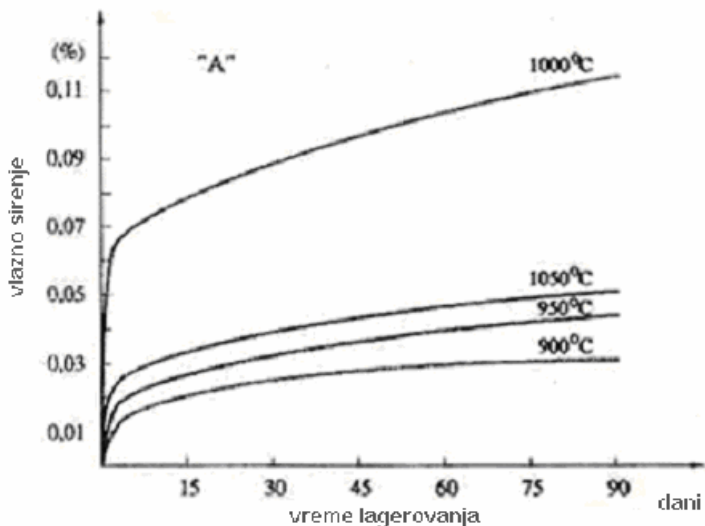
U cilju iznalaženja rešenja za smanjenje i neutralisanje štetnih posledica vlažnog širenja izvršeno je detaljno ispitivanje opekarske sirovine i date su odgovarajuće preporuke za eliminaciju štetnih posledica ovog fenomena. U eksperimentima su korišćene opeke koje su bile oblikovane i osušene u industrijskom pogonu. Opeke su zatim bile pečene u laboratorijskoj električnoj peći na temperaturama od: 900<sup>0</sup>, 950<sup>0</sup>, 1000<sup>0</sup> i 1050<sup>0</sup>C. Brzina podizanja temperature je bila programski kontrolisana a vreme zadržavanja na zadatoj temperaturi je bilo 60 minuta. Opeke su ostavljane u peći da se hlade do temperature od 400<sup>0</sup>C. Po dostizanju temperature od 400<sup>0</sup>C opeke su vađene iz peći i hladene su na vazduhu do sobne temperature, a zatim su prenošene u klimatizovanu prostoriju i postavljane u uređaj, prikazan na slici br.5, za praćenje promene dužine opeka u zavisnosti od vremena lagerovanja.

Uređaj za praćenje promene dužine opeke sastoji se od postolja, stativa i merne jedinice, komparatera, tačnosti od 0,001 mm. Opeka se postavlja na postolje uređaja u takvom položaju, da dužina opeke prestavlja visinu ispitnog uzorka. Donji oslonac komparatera se postavlja na gornju površinu opeke tako da je ostvaren blagi pritisak na površinu opeke. Potom se kazaljke na komparateru dovode u nulti položaj i beleži se vreme postavljanja. Od tog trenutka jedan put dnevno, u isto vreme se vrši očitavanje promene dužine opeke. Temperatura u klimatizovanoj prostoriji u kojoj je vršeno lagerovanje uzoraka je iznosila 20 ± 2<sup>0</sup>C a relativna vlažnost vazduha je bila 75 %. Merenja su vršena u periodu od 90 dana od dana postavljanja opeka u uređaje.



Slika 5: Uređaj za praćenje promene visine opeke u zavisnosti od vremena lagerovanja

Na slici br.6 dat je grafički prikaz očitanih promena dužine opeka, pečenih u temperaturnom intervalu od  $900^{\circ}\text{C}$  do  $1050^{\circ}\text{C}$ , u zavisnosti od vremena lagerovanja.



Slika 6. Grafički prikaz promene dužine opeka u zavisnosti od temperature pečenja i vremena lagerovanja

Na osnovu eksperimentalno utvrđenih vrednosti može se videti da promena dužine opeka odnosno veličina vlažnog širenja zavisi od temperature pečenja i vremena lagerovanja. Sa porastom temperature pečenja, promena dužine opeke odnosno vlažno širenje se povećava. Najveću vrednost povećanja dužine odnosno vlažnog širenja, pokazuju opeke pečene na temperaturi od  $1000^{\circ}\text{C}$ . Uzorci opeka pečeni na temperaturi od  $1050^{\circ}\text{C}$  tokom lagerovanja pokazuju i dalje tendenciju ka povećanju dužine odnosno vlažnom širenju ali u znatno manjoj meri.

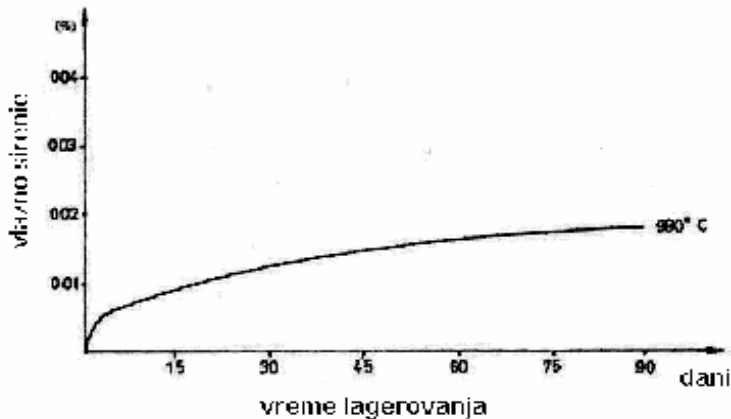
Sprovedena ispitivanja potvrdila su tvrdnju proizvođača opeka, da su opeke pečene na temperaturi od  $950^{\circ}\text{C}$ . Opeke ovog proizvođača, pečene na temperaturi od  $950^{\circ}\text{C}$  pokazuju veliku sklonost ka vlažnom širenju. Prema našim eksperimentalnim podacima, vlažno širenje odnosno povećanje dimenzija tih opeka je iznosilo oko  $0,4\text{mm/m}$ . Ovakve vrednosti vlažnog širenja su u slučaju sprečenog širenja, uzrok pucanja opeka<sup>[9-11]</sup>, kao što je to i prikazano na fotografijama od broja 1 do broja 4.

Na osnovu eksperimentalno utvrđenih vrednosti vlažnog širenja, podataka o pritiskoj čvrstoći opeka i uočenih pojava oštećenja opeka u zidovima, date su dve vrste preporuka za eliminisanja posledica delovanja fenomena vlažnog širenja.

Izvođaču radova je preporučeno da prilikom izgradnje zidova od opeka koristi opeke koje su bile lagerovane na skladištu najmanje 30 dana i da iznad poslednjeg reda opeka u zidu, kao i na dužinama zida većim od 5m, ne formira maltersku spojnicu već da ostavi prazan prostor, širine oko 1 cm, koji će naknadno biti popunjen trajno elastičnom zaptivnom masom. Na taj način se obezbeđuje širenje opeka bez pojave napona u zidu.

Proizvođaču opeka, je nakon opsežnih laboratorijskih ispitivanja savetovano da u cilju trajnog smanjenja širenja pečenih proizvoda, usled odigravanja fenomena vlažnog širenja, u postupku umešavanja sirovinskog kompozita u masu umeša i 3 mas.% mlevenog  $\text{CaCO}_3$ , kao i da poveća temperaturu pečenja na  $980^{\circ}\text{C}$

Na slici br.7 dat je grafički prikaz očitanih promena dužine opeka, proizvedenih u pogonu proizvođača sa dodatkom 3 mas.% mlevenog  $\text{CaCO}_3$  pečenih na temperaturi od  $980^{\circ}\text{C}$ , u zavisnosti od vremena lagerovanja.



Slika 7. Grafički prikaz promene dužine opeka sa dodatkom 3%  $\text{CaCO}_3$  u toku lagerovanja u klimatizovanoj prostoriji

### 3. ZAKLJUČAK

Fenomen vlažnog širenja opeka je stalno prisutan u građevinskoj praksi u manjoj ili većoj meri. Do pojave oštećenja opeka ugrađenih u zidove, usled odigravanja fenomena vlažnog širenja, dolazi samo u slučajevima sprečenog širenja i kada naponi u zidu od opeka pređu granicu modula elastičnosti ugrađene opeke.

Da bi se sprečile štetne posledice ovog fenomena potrebno je poznavati očekivanu veličinu vlažnog širenja opeka.

Nov harmonizovani evropski standard EN 771-1, čija je primena obavezna od aprila 2006 predviđa određivanje veličine vlažnog širenja samo kod velikih šupljih blokova. Naša iskustva iz prakse ukazuju na potrebu određivanja vrednosti vlažnog širenja kod svih opekarskih elemenata, a naročito kod onih koji se ugrađuju u „neštićene zidove”.

*Napomena*

*Rad je urađen u okviru Projekta TD-7024B: "Istraživanje , razvoj i primena metoda i postupaka ispitivanja, kontrolisanja i sertifikacije građevinskih proizvoda u skladu sa zahtevima međunarodnih standarda i propisa" i finasiran je sredstvima Ministarstva za nauku Republike Srbije*

## LITERATURA

- [1] H .Schurecht and P.Pole: J.Amer.Ceram.Soc. vol.12, (1929 ), p.596 – 599
- [2] R.Hill: Trans.Brit.Ceram.Soc. vol.52, (1953 ), p.589 – 613
- [3] R.Vasić : Key Engineering Materials, vols. 132-136, (1997), p.1661 – 1664
- [4] N.Astbury: Trans.Brit.Ceram.Soc.,vol.60, (1963 ), p. 1 – 32
- [5] F.Vaughan and A.Dinsdale: Trans.Brit.Ceram.Soc.,vol. 61, ( 1962 ), p.1 – 19
- [6] Abraham and H.Lehman: Ber.Dtsch.Keram.Ges.16, (1969), p. 649 – 655
- [7] A. Smith: Trans.Brit.Ceram.Soc.,vol.54, (1955 ), p. 300 – 318
- [8] R.Vasić and S.Despotović: British Ceramic Transaction, vol.97, N°3, (1988), p.133-135
- [9] J.Hosking and H.Hueber: Nature, vol.182, (1958 ), p.1142 – 1146
- [10] R.Vasić: Fourth Euro Ceramics, vol.12, Brick and Roofing tiles, (1996), p.89 - 96
- [11] R.Vasić and M.Vasić: Ceramics, vol.97, (2006), p.109-116