

RADOMIR M. VASIĆ
 ZAGORKA M. RADOJEVIĆ
 MILOŠ R. VASIĆ

Pregledni rad
 UDC:620.193.624.0.12=861

Korozija građevinskih konstrukcionih keramičkih materijala

Do oštećenja i degradacije keramičkih građevinskih materijala, u eksploataciji, može doći usled odvijanja hemijskih reakcija vode sa nekim od konstituenata u keramičkom materijalu (hemijske korozije), ili usled rastvaranja, hidratacionih i kristalizacionih pritisaka i iznošenja rastvornih soli na površinu proizvoda. Kompleksnost pojave iscvetavanja rastvornih soli uslovljena je činjenicom da veoma male količine soli, čiji sadžaj često ne prelazi ni stoti deo jednog procenta ukupne mase keramičkog materijala, može dovesti do značajne pojave isvetavanja koje je najčešće vrlo teško predvideti. Korozija keramičkih građevinskih materijala povezana je sa prodorom vode odnosno vlage u zidanu konstrukciju.

Ključne reči: korozija keramičkih građevinskih materijala

1. UVOD

Do propadanja keramičkih materijala, odnosno do smanjenja njihovih upotrebnih karakteristika, dolazi kao rezultat uticaja dva dominantna faktora iz okolne sredine: korozionog i erozionog [1]. Pod terminom "korozija" podrazumeva se propadanje keramičkih materijala izazvano delovanjem okolne sredine. Termin "erozija" označava propadanje keramičkog materijala izazvano mehaničkim delovanjem okolne sredine.

Postojanost i trajnost građevinskih keramičkih konstrukcionih materijala koje čine: opekarski proizvodi, crepovi od pečene gline, keramičke pločice svih vrsta i tipova, keramičke kanalizacione cevi i keramičke dimovodne cevi je vrlo velika, o čemu svedoči niz dobro očuvanih građevina i ostataka čovekovih naseobina starih i više hiljada godina [2]. Do smanjenja fizičko mehaničkih i estetskih karakteristika građevinskih konstrukcionih materijala dolazi usled korozionih uticaja iz okolne sredine, prodora vode i kiselih kiša u pore ovih materijala.

2. VRSTE KOROZIONIH PROCESA KOD KERAMIČKIH KONSTRUKCIONIH MATERIJALA

U literaturi se mogu naći različiti modeli razvijeni u cilju opisivanja mehanizama korozije građevinskih keramičkih konstrukcionih materijala [3,4,5]. U principu se može reći, da okolna sredina atakuje na keramički proizvod i kao rezultat tog delovanja stvara se reakcioni proizvod odnosno dolazi do korozije keramičkog materijala. Reakcioni produkt može biti:

- čvrst,
- tečan,
- gasovit ili
- kombinacija napred navedenih produkata.

Ovi produkti korozije, mogu kasnije nastaviti da dalje reaguju sa keramičkim proizvodom ili mogu stvarati zaštitni sloj koji štiti keramički proizvod od agresivnog dejstva okolne sredine. Kada se stvara čvrst reakcioni produkt on obično stvara zaštitni sloj protiv dalje korozije [6]. U nekim slučajevima kada je reakcioni produkt kombinacija čvrste i tečne materije, reakcioni sloj može biti uklonjen u procesu erozije i u takvim slučajevima, korozija keramičkog proizvoda se nastavlja. Zato pri analizi korozije mora se imati u vidu i tip procesa koji se odigrava [7,8]. Kada reakcioni produkt nastaje unutar međupovršina keramičkog proizvoda on se relativno lako zapaža. Takođe, u slučajevima kada se izdvaja gas na račun razgradnje keramičkog materijala, korozija se manifestuje kao gubitak mase i lako se konstatuje merenjem pomoću preciznih analitičkih vaga.

U realnim sistemima, kao što je prirodno okruženje, u procesu korozije keramičkih konstrukcionih materijala odigravaju se različiti procesi tako da ne postoji jedan opšti model koji može opisati sve slučajeve korozije. Primera radi, jedan isti keramički materijal može različito reagovati u kontaktu sa različitom okolinom i zbog toga ne postoji jedno jedinstveno objašnjenje za koroziju keramičkog materijala u kontaktu sa različitom okolinom.

Ipak, na građevinske keramičke konstrukcione materijale i njihovu postojanost na korozione uticaje iz okolne sredine znatno utiče proizvodni proces i „priroda“ keramičkog materijala odnosno mine-

Adresa autora: Institut za ispitivanje materijala a.d., 11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, Srbija

raloški sastav polazne sirovine. Verovatno najispravnije bi bilo reći da korozija građevinskih keramičkih konstrukcionih materijala zavisi od od strukturnih karakteristika materijala. Što je materijal kompaktniji i što su čestice međusobno bolje povezane to je i njegova koroziona postojanost veće [9].

Prema Budnikovu [4] korozija keramičkih materijala može se podeliti na tri osnovne grupe:

- prema vrsti korozione sredine (gasna i tečna sredina);
- prema načinu manifestovanja propadanja keramičkog materijala (ravno-merna i neravnomerna);
- prema procesima (hemijska i elektro-hemijska korozija).

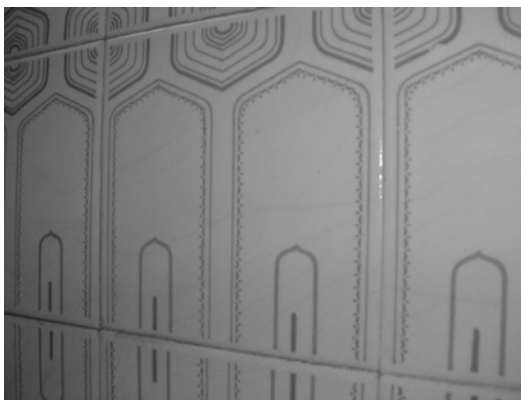
2.1. Korozija u gasnoj sredini

Korozija u gasnoj sredini predstavlja vid hemijske korozije pri potpunom odsustvu kondenzacije vlage na površini keramičkog materijala. Fenomen vlažnog širenja koji se odigrava kod svih keramičkih proizvoda sa poroznim crepom je tipičan primer za ovu vrstu korozije i naročito je izražen kod proizvoda iz grupe građevinske keramike. Fenomen vlažnog širenja u naučnoj i stručnoj javnosti je prihvaćen kao specifičan vid hemijske korozije keramičkih materijala tek krajem prošlog veka [4,9,12]. Fenomen vlažnog širenja je posledica odigravanja adsorpcije vodene pare na unutrašnjoj površini amorfnih silikata koji su prisutni u pečenom proizvodu od gline [9]. Ovaj proces započinje još u procesu hlađenja proizvoda u peći, tj. na temperaturama ispod 400°C i traje sve dok proizvod fizički egzistira [7]. Štetne posledice ove vrste korozije, odnosno fenomena vlažnog širenja, veoma su rasprostranjene i naročito su izražene u slučaju sprečenog širenja [12]. Na slici 1 dat je prikaz pojave raspadanja opeka u fasadnom zidu kao posledica sprečenog širenja. Štetne posledice delovanja ove vrste korozije uočene su i u slučaju nesprečenog širenja opekarskih proizvoda, a manifestuju se smanjenjem mehaničkih karakteristika proizvoda i smanjenjem trajnosti [14]. Najčešći oblici oštećenja izazvani vlažnim širenjem kao specifičnim oblikom korozije usled odigravanja hemijske reakcije vode sa keramičkim konstituentima "crepa" kod keramičkih pločica se manifestuju kao: pojava vlasavosti glazure, podizanja i destrukcije keramičkih pločica ugrađenih u zidnim i podnim oblogama na građevinskim objektima [14]. Na slici 3 dat je prikaz oštećenja keramičkih pločica u obliku finih pukotina na glaziranoj površini keramičkih

pločica koje su posledica odigravanja fenomena vlažnog širenja uled koga se keramički "crep" širi, dok glazura ostaje nepromenjena [11]. Kada naponi nastali u glazuri pređu granicu modula elastičnosti dolazi do pojava finih pukotina/vlasavosti glazure. Na slici 4 dat je prikaz podizanja, odvajanja i ispadanja pločica iz podne podloge u jednoj školskoj kuhinji a čiji je uzrok sprečeno širenje pločica izazvano vlažnim širenjem.



Slika 1 - Raspadanja opeka u fasadnom zidu kao posledica odigravanja fenomena vlažnog širenja u uslovima sprečenog širenja



Slika 2 - Pojava vlasavosti glazure kao posledica sprečenog vlažnog širenja



Slika 3 - Pojava podizanja pločica kao posledice sprečenog vlažnog širenja

2.2 Korozija u tečnoj sredini

Ulazak vode u porozni keramički materijal dovodi najčešće do neravnomerne/lokalne korozije materijala. Ovakva vrsta korozije nastaje:

- pri dejstvu različitih koncentracija agresivne sredine na pojedinim delovima keramičkog materijala;
- usled selektivnog rastvaranja jednog ili više konstituenata keramičkog materijala;
- usled rastvaranja topivih soli prisutnih u pečenom keramičkom materijalu ili
- kao posledica neravnomerne raspodele staklaste i kristalne faze unutar keramičkog materijala [15].

Prodor vode u keramički materijal povezan je sa odvijanjem hemijskih reakcija između vode i keramičkih konstituenata ali i sa pojavom napona unutar keramičkog materijala. U prvom slučaju dolazi do selektivnog rastvaranja jednog ili više keramičkih konstituenata, a u drugom do pojave pritiska na zidove pora unutar porozne strukture građevinskog keramičkog konstrukcionog materijala. Pojava pritiska na zidove pora unutar porozne strukture keramičkog materijala, u temperaturnom intervalu od 0°C pa do 45°C je posledica hidratacionih i kristalizacionih pritiska rastvornih soli usled promenljivog sadržaja kristalne vode [20].

2.2.1. Pojava iscvetavanja rastvornih soli/ /eflorescencija

Pod pojavom iscvetavanja, odnosno eflorescencije rastvornih soli, kao specifičnog vida korozije keramičkih građevinskih materijala i zidanih konstrukcija, podrazumeva se pojava belih, bleđožutih ili obojenih praškastih naslaga ili fleka na površini materijala ili konstrukcije [19]. Do pojave iscvetavanja dolazi u svim slučajevima kada:

- Opeka, vezivni materijal, odnosno malter ili voda koja se koristi za spravljanje maltera, sadrže rastvorljive soli u količini koja može dovesti do pojave iscvetavanja i
- Kada je omogućeno navlaživanje opeka, vezivnog materijala ili zidane konstrukcije u toj meri da dođe do pojave rastvaranja soli prisutnih u upotrebljenom, ugrađenom, materijalu.

U procesu sušenja, u vodi rastvorne soli se difuzijom zajedno sa vodom iznose ka površini građevinskog materijala. Voda sa površine isparava i na površini materijala ili u njenoj blizini se talože soli. Štetne posledice iscvetavanja u većini slučajeva se ogledaju [20] u smanjenju estetskog izgleda

(slika 4) i ometanju/smanjenju fizičko-hemijske veze [19] između opeka i malternog veziva usled isvetavanja rastvornih soli (slika 5).



Slika 4 - Pojava rastvornih soli koje umanjuju estetski izgled zida



Slika 5 - Pojava rastvornih soli u toku zidanja koja ometa malterisanje

Isvetavanje rastvorljivih soli u opekama i zidanim konstrukcijama često je veoma teško objasniti i predvideti [15, 16, 19]. Razlog za ovo leži uglavnom u osnovna tri razloga a to su:

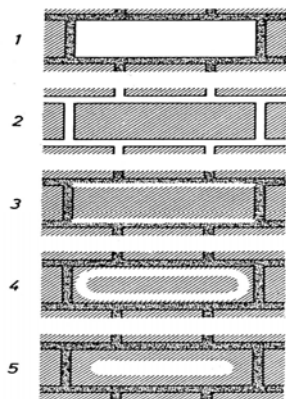
- Sadržaj rastvorljivih soli koji može da dovede do pojave eflorescencije u većini slučajeva se kreće u promilima u odnosu na masu samog građevinskog materijala, od kojeg je izgrađena zidana konstrukcija pa je kod masovne proizvodnje građevinskih materijala kao što je na primer proizvodnja opeka, veoma teško kontrolisati i održavati ovaj udeo u neškodljivim količinama.
- Iscvetavanje rastvornih soli u značajanoj meri zavisi od okolne sredine odnosno od klimatskih uslova kojima su opeke izložene u toku eksploatacije. Takođe veliku ulogu imaju i fizička svojstva materijala ugrađenih u zidane konstrukcije u prvom redu njihova poroznost.



Slika 6 - Pojava »brašnjastog« raspadanja opeka usled dejstva hidratacionih i kristalizacionih pritisaka unutar pora

Na slici broj 6, dat je prikaz „brašnjavog“ izgleda raspadanja opeka usled dejstva hidratacionih i kristalizacionih pritisaka u porama opeka a na slici broj 7 dat je shematski prikaz pet tipičnih oblika isvetavanja [19].

- Isvetanje pod brojem 1 predstavlja isvetavanje koje potiče iz opeka.
- Isvetavanje pod brojem 2 predstavlja tipično isvetavanje za koje je su odgovorne soli prisutne u malternom vezivu.
- Isvetavanje pod brojem. 3 i 4 predstavlja isvetavanje koje se javlja na fugama i na ivicama opeka ili u obliku prstenastog isvetavanja na površini opeka i za ovu vrstu isvetavanja mogu biti odgovorne soli koje potiču ili iz opeka ili iz maltera.
- Isvetavanje pod brojem 5 predstavlja specijalan vid isvetavanja vanadijumskih soli, pri kome se obojeni delovi površine opeka, najčeće plavičasto zelene ili žuto zelene boje, obezbojavaju pod dejstvom alkalija iz malternog veziva.

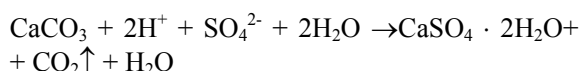


Slika 7 - Shematski prikaz pet tipičnih oblika isvetavanja

2.2.2. Korozija građevinskih keramičkih konstrukcionih materijala usled poja-ve kristalizacionih i hidratacionih pri-tisaka u porama materijala

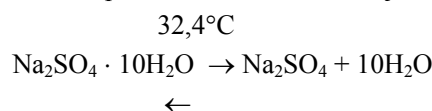
Do pojave kristalizacionih pritisaka na zidove pora dolazi usled izdvajanja i rasta kristala rastvornih soli iz presićenih rastvora ili usled prekristalizacije jedne vrste soli u drugu [20].

Tako na primer, kalcijum karbonat prisutan u porama opekarskih proizvoda može biti preve-den, pod dejstvom kiselih kiša, u kalcijum sulfat prema sledećoj reakciji:



pri čemu je zapremina novostvorene soli skoro dva puta veća od polazne.

Do pojave hidratacionih pritisaka u porama poroznog keramičkog materijala dolazi usled promene relativne vlažnosti i temperature okolne sredine, u svim slučajevima kada prisutna so kristališe stvarajući soli različitog stepena hidratacije. Tako na primer, Glauberova so ($\text{NaSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) je postojana do temperature od $32,4^\circ\text{C}$, a iznad ove temperature prelazi u bezvodnu so Tenardit (Na_2SO_4) a što se može prikazati sledećom reakcijom:



Ovde treba istaći i činjenicu da temperatura prekrystalizacije zavisi i od prisustva drugih vrsta soli u rastvoru tako da u prisustvu MgSO_4 temperatura prekrystalizacije Glauberove soli u Tenardit će se odigrati na temperaturi od 27°C , a u prisustvu MgCl_2 ova prekrystalizacija će se odigrati na temperaturi od 15°C . Sve ove promene vezane za promenu sadržaja kristalnih voda kod određenih vrsta rastvornih soli odigravaju se u temperaturnom području od 0°C do 42°C i pri relativnoj vlažnosti vazduha od 50% do 80%.

Zbog kapilarne kondenzacije u porama opekarskih proizvoda javlja se tečna faza - voda, već pri relativno niskim sadržajima vlage u vazduhu, tako da su ovi proizvodi izloženi jakim kristalizacionim i hidratacionim pritiscima u unutrašnjosti materijala, koji vremenom dovo-de i do destrukcije materijala. U ovakvim slučajevima dolazi do pojave "brašnjastog" razaranja površinskog sloja materijala, a intenzitet promena je vrlo teško predvidiv.

Zadnjih godina je sve uočljivija pojava destrukcije opekarskih proizvoda usled prisustva ki-

selih gasova u atmosferi. Ispitivanja delovanja atmosfere sa povećanim sadržajem SO_2 [15, 16] na crepove od gline pokazala su da u njegovom prisustvu dolazi do povećanja sadržaja rastvornih soli i do smanjenja savojne čvrstoće i povećanja upijanja vode. Eksperimentalno je utvrđeno da u reakciji sa SO_2 iz okolne sredine stupaju skoro svi katjoni (Al^{3+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ i Fe^{3+} izuzev Si^{4+}) prisutni u keramičkom crepu.

Štetne posledice izazvane dejstvom okolne sredine kod opeka su još uočljivije. Već kod kontakta opeke sa malterom u toku zidanja sa jedne strane imamo direktan prelaz soli maltera na opeku, a sa druge strane dolazi i do reakcije izmene koje se odigravaju u opeci usled dejstva kalcijum hidroksida iz maltera, pri čemu dolazi do izmena i nastajanja novih alkalnih jedinjenja. Oba ova procesa odigravaju se u zidu opeka, manje više prinudno, u toku zidanja [16]. Ipak, ovaj proces dovodi do pojave iscvetavanja samo u retkim slučajevima.

Do pojave eflorescencije može doći i usled delovanja zagađene atmosfere u blizini fabričkih krugova (na primer fabrika veštačkih đubriva, sumporne kiseline itd.), kao i usled pogrešnog izvođenja ukrasnih elemenata na zgradama.

Čest je slučaj da su ispusti na zgradama izvedeni od krečnjaka i da su bez ikakve zaštite prepušteni dejstvu zagađene okolne sredine. Ove vrste ispusta u obliku nastrešnica, fasadnih venaca, doksata i dr., često su po želji arhitekata ili investitora ukomponovane u fasadne celine izgrađene od crvenih opeka. Takvi tehnički detalji, često su loše zamišljeni i izvedeni, tako da se voda u kojoj je rastvoren krečnjak sliva niz fasadu i prodire u zid. Kasnije pod dejstvom sumpornih gasova iz vazduha, na površini opeka se stvara kalcijum sulfat, čime se u znatnoj meri narušava estetski izgled zida.

2.2.3. Korozija građevinskih keramičkih konstrukcionih materijala usled dejstva kiselih agenasa iz okolne sredine

Ovoj vrsti korozije građevinskih keramičkih konstrukcionih materijala najčešće su izložene, keramičke dimovodne cevi, keramičke kanalizacione cevi i kanalizacione klinker opeke i korube [17, 21]. Mada dimovodne keramičke cevi služe za odvod dimovodnih gasova u okolnu atmosferu, uglavnom se radi o koroziji nastaloj u tečnoj kiseloj sredini, jer ohlađeni kiseli dimni gasovi rastvoreni u vodi nastaloj usled kondezacije vodene pare, na svom putu ka nižim delovima dimovodnih kanala napadaju keramički materijal. Eksperimentalno je utvrđeno da u takvim slučajevima usled korozije

mogu nastati i nove mineralne vrste kao produkti korozije, kao što su : sulfati natrijuma, kalijuma ili kalcijuma, jarozit itd. [23].

Na slici 8 dat je prikaz igleda prizmi pre tretmana sa 70% H_2SO_4 a na slici 9 izgled prizmi posle tretmana sa 70% H_2SO_4 i nastanka minerala jarozita kao produkta korozije u postupku ispitivanja kramičkih cevi na dejstvo jakih kiselina.



Slika 8 - Izgled prizme pre tretmana sa 70% H_2SO_4



Slika 9 - Izgled prizmi posle tretmana sa 70% H_2SO_4

3. KOROZIJA GRAĐEVINSKIH KERAMIČKIH MATERIJALA USLED NEADEKVATNE HIDROFOBNE ZAŠTITE

Karakterističan primer neadekvatne hidrofobne zaštite građevinskih konstrukcionih materijala je pojava "ljuštenja" površine crepa ili opeka kako je prikazano na slici 10. Tokom osamdesetih godina prošlog veka većina proizvođača crepa od gline je u završnoj fazi proizvodnje crepa uvela i postupak uranjanja crepova u toku 1 do 2 minuta u vodene rastvore silikona u cilju sprečavanja pojave iscvetavanja rastvornih soli i podizanja estetskog izgleda crepa u krovnom pokrivaču. Ovaj inače, veoma delotvoran postupak, vremenski ograničenog trajanja, je doneo veliki broj reklamacija na

kvalitet crepa, mnogim proizvođačima, jer nisu znali da postupak silikonizacije ne smeju da primenjuju odmah nakon pečenja, već tek posle određenog vremena skladištenja na skladištu gotove robe. Većina pečenih crepova pokazuje težnju ka povećanju zapremine usled odigravanja hemijske reakcije vodene pare sa keramičkim konstituentima.



Slika 10 - Prikaz oštećenja crepa usled neadekvatne hidrofobne zaštite

Usled sprovedene silikonizacije [13,24], neposredno posle završenog pečenja, površinski sloj crepa debljine do 2 mm nije stupao u reakciju sa vodenom parom te se nije širio, dok preostali veći deo crepa se širio. Kao posledica toga površinski sloj crepa je, kao što je to prikazano naslici br.10 prskao i ljuštio se. Kada se isti postupak sprovede na crepovima koji su odležali na skladištu više od nedelju dana ovakvih štetnih pojava nema jer je proces širenja usled hemijske reakcije sa vodenom parom u najvećoj meri završen.



Slika 11 - Prikaz oštećenja opeka usled neadekvatne hidrofobne zaštite

Na slici 11 dat je prikaz oštećenja fasadnog zida na objektu restoran "vetrenjača" u izgradnji gde je usled naknadnog nanošenja hidrofobnog premaza samo po površini opeka ali ne i malterških spojnica, došlo do prodora vode u zid od ope-

ka kroz malterske spojnice [24]. S obzirom da je hidrofobni premaz sprečavao isušivanje akumulirane količine vode u sloju na granici prodora hidrofobnog sredstva u opeke. U zimskom periodu je došlo do mržnjenja vode akumulirane blizu fasadne površine opeka, tako da je usled dejstva leda došlo do odvajanja tankog sloja opeke koji je bio hidrofobno zaštićen.

3. ZAKLJUČAK

Korozija građevinskih keramičkih konstrukcionih materijala nastaje kao posledica odvijanja velikog broja hemijskih reakcija i fizičkih procesa često teško predvidljivih, sa kojima se srećemo u svakodnevnoj graditeljskoj praksi. Da bi se korozija građevinskih keramičkih materijala smanjila na što manju meru, neophodno je pridržavati se nekih osnovnih načela :

- Koristiti što kompaktniji keramički materijal, pečen na višim temperaturama jer su čestice unutar materijala među-sobno bolje povezane pa je i njegova koroziona postojanost veća.
- Korozija građevinskih keramičkih konstrukcionih materijala je uglavnom posledica prodora vode ili tečnog agensa iz okoline sredine, odnosno "selektivnog" odvijanja hemijskih reakcija sa keramičkim konstituentima materijala.
- Kada se želi zadržati lep estetski izgled vidnih površina građevinskih keramičkih konstrukcionih materijala, u jednom dužem vremenskom periodu, ili kada je neophodno poboljšati fizička svojstva proizvoda (na primer vodone-propustljivost crepa ili lošu otpornost prema mrazu fasadnih opeka) ili kada je potrebno sanirati štetne posledice usled ugradnje nekvalitetnog materijala, sprovođi se hidrofobna zaštita.
- Zaštita građevinskih keramičkih materijala vrši se nanošenjem hidrofobnih premaza, na bazi silikonskih preparata, na površinu materijala u cilju sprečavanja prodora vode u keramički materijal.

LITERATURA

- [1] R.Vasić, O. Janjić: "Oštećenja fasadnih površina od opeka izazvana dejstvom rastvornih soli i mraza", II Jugoslovensko savetovanje o sanaciji zgrada, Maribor, 1986, Zbornik radova 46-55.
- [2] Bujak D.: " Završni radovi u građevinarstvu" - ZRG, god. XIV, broj 2, (1985), 32-42.
- [3] P.Budnikov, F Hartonov: "keramičeskie materialy dlja agresivnih sred", Izdateljsvo literaturi po stroitelstvu., Moskva, 1971.

- [4] Ronald A. Mc Cauley : "Corrosion of ceramic and Composite Materials" Book, ISBN 0824753666. Published by Marcel Dekker, 2004, 1 - 408.
- [5] P. Petrović i R. Vasić: "Korozija keramičkih zidnih i podnih obloga kao posledica delovanja fenomena vlažnog širenja", Korozija i zaštita materijala, Zbornik radova, (1997), 207 - 210.
- [6] J. A. Sokolov, W. P. Boschuchin, T. S. Jakobsohu: "Über die Ausblühungen on keramischem Verkleidungamaterial", Die Ziegeindustrie, 4, 1964, 122-124.
- [7] M Albanque: Les Cahiers de la Terre Cuite, N° 2 (1974), 72-93, Centre Technique des Tuiles et Briques, Paris.
- [8] S. Lorec: "Etude des composants hydrosolubles des ceramiques d'argi-les", D433/D312, Bull. Soc. Francaise de Ceramique, 1968
- [9] R.Vasić: "Prilog proučavanju fenomena vlažnog bubrenja fasadnih opeka proizvedenih od domaćih opekarskih glina", Doktorska teza, TMF (1990), 112-115.
- [10] T.Demediuk. and F Cole: J.Amer. Ceram Soc. 43 (1960), 359-367.
- [11] R. Vasić, O. Janjić: "The influence of Micro-Climatic Conditon on Phenomenom of Ceramic Tiles Moisture Expansion" European Ceramic Society, Second Conference, September 11-14, Augsburg, Germany, Proceeding. Vol. 3, (1991), 2669-2672.
- [12] R.Vasić and M.Vasić: "Phenomenon of moisture expansion and its influ-ence on degradation, reliability and durability of heavy clay products" Ceramics vol. 97, 2006, 109-116.
- [13] R. Vasić: Surface roofing tile scaling due to the moisture expansion phenol-menon, key Engineering Materials Vols. 132-136, 1665 - 1668.
- [14] R.Vasić.: "A Supplement to the Study of Moisture Expansion Phenomenon of Facing Bricks", Fourth Euro Ceramic, Vol.12, "Bricks and Roofing tiles", (1995), 89-96, Printed in Italy
- [15] B.Butterworth: "Efflorescence and staining of brick work", Ziegelindu-strie, 16, 1963, 26-32
- [16] R.Vasić i D. Jašović: "Pojava rastvornih soli u toku izgradnje zidova od fasadne opeke", II Simpozijum SHD o keramici i staklu sa međunarodnim učešćem, 194, 245-248.
- [17] ASTM Test Methods relateded to Corrosion of ceramics: C-370, Vol. No 15.02.
- [18] Vasić,R., Despotović, S.: "Uticaj radne sredine na koroziju građevinske keramike", Časopis "Izgradnja", 4, (1996), 277-279.
- [19] R. Vasić i Z. Radojević : "Koroziono dejstvo rastvornih soli u zidovima od opeka", Konferencija "Interdisciplinarni pristup problematici zaštite konstrukcionih materijala«, Zbornik radova, Tara 29. 05 – 02. 06.2005, 232-236.
- [20] J. Francisković, M. Pagon-Tadej i B. Punek: "Korozija, propadanje građevinskih materijala i njihova zaštita", Izdanje Zavoda za tehničko izobražavanje Ljubljana (1985), 165-185.
- [21] R. Vasić: "Prilog proučavanju uticaja jakih kiselina i baza na otpornost keramičkih podnih pločica za specijalne namene" Naše građevinarstvo, godina XXXVII, 2. (1983), 229-230, UDC:624:69 (062.2) (497.1).
- [22] R. Vasić, Č. Lačnjevac: "Destrukcija fasadnih opeka i crepa od gline kao posledica hidrofobnog tretmana silikonskim preparatima, 16 Savetovanje sa međunarodnim učešćem Korozija i Zaštita materijala, Zbornik radova, (1997), 265 –270.
- [23] R. Vasić i Z. Radojević,: "Koroziono dejstvo rastvornih soli kao ograničavajući faktor u primeni opeka", VIII YUCOR, Korozija i zaštita materijala u industriji i građevinarstvu, Tara, 09-12 maj 2006, Zbornik radova, ISBN 86-2343-07-X, urednici: prof dr M. Pavlović i prof dr Č. Lačnjevac, 158-163.
- [24] R.Vasić i Z. Radojević: "Neppravilno naneta hidrofobna zaštita uzrok oštećenja fasadnih zidova", VIII YUCOR, Korozija i zaštita materijala u industriji i građevinarstvu, Tara, 09-12 maj 2006, Zbornik radova, ISBN 86-2343-07-X, urednici: prof dr M. Pavlović i prof dr Č. Lačnjevac, 164-167.

ABSTRACT

Damage and degradation of ceramic building materials, in exploitation, can be the result of chemical corrosion / chemical reactions between water and ceramic body constituents, dissolution of soluble salts, hydrating and crystallizing pressures and efflorescence of dissolved salts on product surface. The complexity of this occurrence of releasing the soluble salts is conditioned by the fact also that very small quantities of salts the content of which often does not exceed even the hundredth part of one percent of the total mass of brick may lead to the significant occurring of releasing which most frequently is hardly to be foreseen. The releasing of the soluble salts is connected with the penetration of water, that is, moisture, into the built construction.

Key words: Corosion od ceramic building materials