

Tablica 3
PROIZVODNJA OLOVNO-CINKOVE RUDE, RUDNOG KONCENTRATA, SIROVOG I RAFINIRANOG OLOVA U JUGOSLAVIJI
(u tisućama tona)

Proizvod	Godina									
	1950.	1960.	1970.	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.
Olovno-cinkova ruda	1187	1920	3113	3379	3606	3806	4161	4078	4155	4284
Koncentrat		117	156				169	163	169	
Sirovo olovo	64	100	112	118	140	140	145	140	134	125
Rafinirano olovo	57	89	97	114	126	111	130	117	111	102

Tablica 4
PREGLED PROIZVODNJE OLOVA PREMA REPUBLIKAMA
(u tisućama tona)*

Republika ili pokrajina	Godina	Olovno-cinkova ruda	Rudni koncentrat	Sirovo olovo	Rafinirano olovo	Olovne slitine
SR Bosna i Hercegovina	1960.	233 (1)	10,3 (1)			
	1970.		8,8 (1)			
	1979.	271 (1)				6,9 (2)
SR Crna Gora	1960.	123 (1)	5,4 (1)			
	1970.	170 (1)	2,4 (1)			
	1979.	330 (2)	3,8 (2)			
SR Makedonija	1960.	231 (1)	20,3 (1)			
	1970.	576 (1)	38,5 (1)			
	1979.	948 (2)	57,4 (2)	23,0 (1)	18,0 (1)	3,3 (1)
SR Slovenija	1960.	470 (1)	20,9 (1)	18,1 (1)	14,9 (1)	
	1970.	386 (1)	12,7 (1)	24,8 (1)	20,7 (1)	
	1979.	238 (1)	4,3 (1)	27,2 (1)	23,5 (1)	15,1 (1)
SR Srbija (ukupno)	1960.	1096 (8)	70,6 (5)			
	1970.	1748 (6)	92,1 (5)			
	1979.	2368 (9)	94,6 (7)			
SAP Kosovo	1960.	839 (5)	62,2 (2)	81,6 (1)	74,3 (1)	
	1970.	1440 (3)	80,4 (2)	87,4 (1)	76,7 (1)	
	1979.	1824 (5)	77,1 (3)	83,4 (1)	69,5 (1)	16,8 (1)

* U zagradama je broj proizvođača

ljine 4 mm), 364 t u vučene proizvode i slitine, 7559 t u prešane cijevi, 926 t u sačmu i 5851 t u ostale prešane olovne proizvode. Prema statističkim podacima iste je godine proizvedeno 2980 t olovo-kromata, 2502 t minija i 55 t olovo-acetata. Iz Jugoslavije je 1980. godine izvezeno ukupno 29041 t olova i olovnih proizvoda, od toga 13998 t u SSSR, 9929 t u Čehoslovačku, 2216 t u Austriju, 916 t u Italiju i 1982 t u ostale zemlje.

Proizvođači olova u Jugoslaviji jesu rudničko-talionički kompleksi u Mežici, u Zvečanu (Trepča) i talionica u Titovom Velesu. U sklopu rudnika Mežica u Sloveniji nalazi se talionica olova u Žerjavu, koja se sastoji od četvrtaste visoke peći, koja je 1982. godine zamijenila okruglu, zatim od dviju bubnjastih plamenih peći, Dwight-Lloydove trake za sinteriranje s površinom 12 m² te od postrojenja za rafinaciju. Maksimalan godišnji kapacitet talionice iznosi oko 25000 t olova.

U Zvečanu, unutar proizvodnog pogona Trepča na Kosovu, koncentri su aglomeracijski prže na velikim Dwight-Lloydovim trakama površine 80 m² i sinter se preraduje u 3 visoke peći, od kojih su dvije novijeg tipa. Provode se i svi postupci rafinacije olova.

Sredinom sedamdesetih godina našeg stoljeća izgrađena je u Titovom Velesu talionica cinka i olova po postupku Imperial Smelting.

LIT.: W. Hofmann, Blei und Bleilegerungen. Springer-Verlag, Berlin 1962. — E. Wiberg, Anorganska kemija. Školska knjiga, Zagreb 1967. — K. Wimmacker, L. Küchler, Chemische Technologie, Band 6, Metallurgie. Carl Hauser Verlag, München 1973. — Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, Band 8. Verlag Chemie, Weinheim 1974. — I. Filipović, S. Lipanović, Opeca i anorganska kemija. Školska knjiga, Zagreb 1978. — A. Paulin, Kovanstvo. Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Ljubljana 1980.

I. Murati, A. Paulin

OPEKA, umjetni građevni element koji služi za zidanje zidova i stupova (u prošlosti i svodova) te za popločivanje. Proizvodi se formiranjem sušenjem i pečenjem (katkad samo sušenjem, to je tzv. čerpič) smjese glinenog materijala, pijeska i vode. Najčešće je paralelepipednog oblika, a razlikuje se prema vrsti materijala, obliku i namjeni (v. *Keramika*, TE 7, str. 68).

Opeka je uz drvo i kamen jedan od najstarijih i najčešćih građevnih materijala, a njena je upotreba i danas velika. Proizvodnja i upotreba opeke poznata je još u ←IV tisućljeću u Mezopotamiji, gdje su najstarije sumerske i asirske građevine građene opekama (33 × 33 × 7,6 cm s ispuščenom površinom vanjske plohe) vezanima blatom ili bitumenom. U Egiptu su prve građevine od opeka; sačuvano je više palača i grobnica građenih opekama iz vremena starih dinastija u ← III tisućljeću. Opeke su bile šire, često nepečene, a imale su oznaku vladajućeg faraona. Kasnije je kamen istisnuo opeku. Grci su opekama sušenom na suncu gradili utvrđenja. Rimljani grade utvrđenja od opeke, a Vitruvije (← I st.) opisuje gradnju opekama i daje opširnije upute za njihovu proizvodnju. U I st. Rimljani su već proizvodili opeku u posebnim pećima, a dimenzije opeka i njihova priprema bili su propisani. Rimski se opeka upotrebljavala sama ili armirana komadima sadre i slojevima, a često su se ugrađivali naizmjenično slojevi opeke i kamena. Takvo se zidanje i upotreba opeke produkuje u srednji vijek. Na površini zida opeka je imala često dekorativnu funkciju (za izvedbu ornamenta, bojenje površina, dodavanje terakoti), osobito u bizantskom graditeljstvu (Ravenna, Solun i dr.). U Bizantu, Italiji i Španjolskoj nastavlja se tradicija gradnje opekama u ranom srednjem vijeku, dok se u Evropi nakon pada Rimskog Carstva opeka gotovo zaboravlja. Tek se u XII st. obnavlja proizvodnja opeke pod utjecajem lombardijskih graditelja. U doba gotike, osobito u sjevernoj Njemačkoj i Poljskoj, opeka potpuno zamjenjuje kamen, pa se opekama izvede mnogi konstrukcijski elementi (stupovi, svodovi, rebra, lukovi, kontrafori itd.). U sjevernoj Evropi češće se upotrebljava grimizna crvenosmeđa i zelenosmeđa dva puta pečena opeka (prepeka). Takva izradba i upotreba opeke došla je preko flamanskih graditelja u Englesku u XIV st. U našim krajevima opeka se upotrebljava kroz cijeli srednji vijek, a veći razvoj opekarstva počinje od XVI stoljeća.

Upotreba opeke dominira u evropskom graditeljstvu sve do XX stoljeća, a u XIX st. (romantizam, historicizam) često opeka ima i dekorativnu funkciju. U Njemačkoj i Nizozemskoj opeka je čest element i u arhitekturi najnovijeg vremena. U suvremenom graditeljstvu ona je još uvijek važan građevni materijal.

Dugo se vremena opeka izrađivala ručno. Prvi stroj za proizvodnju opeka izraden je u Engleskoj (J. Etherington, 1619). U posljednjih je pedesetak godina proizvodnja opeke u svijetu u stalnom porastu.

Sirovina za izradbu opeka. Glina je sirovina za izradbu opeka. Gline su sedimenti nastali raspadanjem magmatskih stijena djelovanjem atmosferskih utjecaja (površinsko trošenje litosfere, alumosilikata). Njihov je kemijski sastav kompliciran; sastoji se od sitnih čestica alumosilikata (kaolina) i različitih primjesa (kremena, spojeva željeza, kalcija i drugih elemenata, humusa i organske tvari). Tvrdća je gline oko 1 (po Mohsu), a gustoća 1,9. Čiste su gline bijele ili sivkaste, a nečiste žute (od limonita), crvene (od hematita), zelene (od glaukonita), tamnosive ili crne (od organskih tvari). Vlažna je glina plastična i gotovo nepropusna za vodu. Vlažne gline su plastične zbog koloidnog stanja mineralnih sastojaka. Čiste gline bez primjesa nazivaju se masnim glinama i vrlo su plastične, a vlažne gline s mnogo primjesa nazivaju se posnim glinama. Prema postanku gline su sedimentne (nastale na mjestu raspadanja minerala, tada obično nisu uslojene) i transportirane (nastale transportom, tada su slojevite). Gline su to kompaktnije što sadrže manje vlage. Suhe gline su škrljaste (škrljaste gline ili glineni škrljavci), a transportirane gline mogu biti morskog, jezerskog, riječnog, potočnog, pećinskog, eolnog i glacialnog porijekla. Gline se sastoje od vrlo sitnih kristalastih čestica veličine ~0,001 mm. Od svih sedimentnih stijena na Zemlji 70% su glinena tla i glinene stijene. Mineralni sastav glina određuje se optičkim, termičkim, rendgenskim, elektromikroskopskim i fizikalno-kemijskim ispitivanjima.

Gline se mogu svrstati u četiri grupe prema karakterističnim mineralima: kaolinitu, montmorilonitu, sepiolitu i litu.

Kaolinitne gline sadrže mineral kaolinit, (OH)₄Al₂(Si₂O₅), koji je nastao trošenjem glinenaca. Takve gline uglavnom se upotrebljavaju za proizvodnju vatrootpornih materijala.

Montmorilonitne gline sadrže mineral montmorilonit koji je nastao atmosferskim djelovanjem u alkalnim tlima. Takve gline bubre u vlažnim uvjetima. Vrlo su osjetljive prilikom sušenja, što stvara teškoće u proizvodnji.

Vlaknaste gline sadrže mineral sepiolit, a nastale su od bažičnih eruptiva. Takve su gline rijetke.

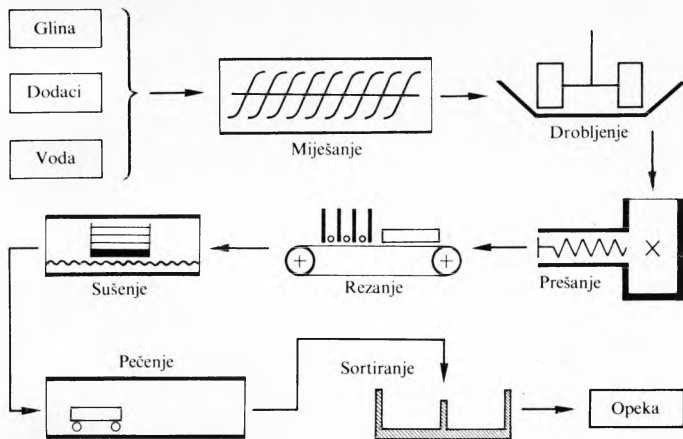
Ilitne gline vrlo su raširene, a sadrže mineral ilit koji nastaje od muskovita, trošenjem glinenaca zbog atmosferskih

utjecaja ili rekristalizacijom glinovitih sedimenata koji sadrže kalij. Takve su gline vrlo pogodne za proizvodnju opekarskih proizvoda zbog manje osjetljivosti pri sušenju.

U glinama se nalaze i drugi minerali koji utječu na njihovu kvalitetu i upotrebljivost kao sirovine za proizvodnju opekarskih proizvoda. U glinama se u većim količinama nalazi kremen, a od karbonata kalcit i dolomit, zatim sulfidi, sulfati i oksidi željeza. Karbonati su, s obzirom na opekarsku proizvodnju, vrlo štetne primjese.

Proizvodnja opeka. Glineni sedimenti kopaju se ručno ili strojevima (bagerima, buldozerima), a glineni škrljavci eksploatiraju se miniranjem. Iskopana sirovina ostavlja se neko vrijeme da odstoji, najbolje preko zime. Promrzavanjem sirovina se usitnjuje i postaje plastičnija, a štetne organske tvari istrunu, što omogućuje lakšu i bolju obradbu.

Tako pripremljena sirovina miješa se s dodacima i vodom (ako je potrebno povećati vlagu smjese), a zatim se drobi i otklanjanju štetne organske tvari (sl. 1). Glina se priprema kružnim mlinovima, glatkim i grubim valjcima, te dvoosovinskim miješalicama. Pripremljena, dovoljno plastična glina dovodi se u prešu u kojoj se stvara kompaktna masa koja se na izlazu iz preše na usniku oblikuje u opekarski proizvod (puna ili šuplja opeka). Oblikovana masa dovodi se na stol za rezanje gdje se reže na konačni oblik.



Sl. 1. Shema proizvodnje opeke

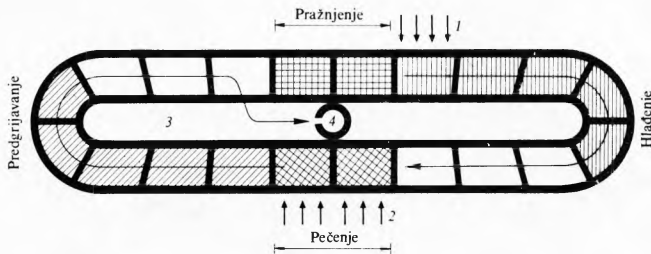
Izrezani proizvod zatim se suši, pa proizvod postaje čvršći i otporniji za dalji tehnološki proces. Suši se na zraku i u kanalnim ili komornim sušarama. Na zraku se uglavnom suše pune opeke, dok se šuplje opeke i blokovi suše u sušarama. Sušenje traje ~ 40 sati, već prema sirovini, a odvija se u četiri zone. U prvoj zoni temperatura zraka iznosi 25 °C, a vlažnost od 90%. U drugoj zoni zrak ima temperatura do 50 °C i manju vlažnost, dok se u trećoj zoni opeke intenzivno suše na temperaturi ~80 °C. U posljednjoj zoni proizvodi se hlade na temperaturu od ~30 °C.

Osušeni proizvod zatim se peče (pali) na temperaturi 900...1100 °C, već prema vrsti opeke, da bi dobio konačni oblik i fizikalno-mehanička svojstva opeke ili bloka (čvrstoća, tvrdoća, otpornost prema atmosferskim utjecajima, poroznost, izolacijska svojstva).

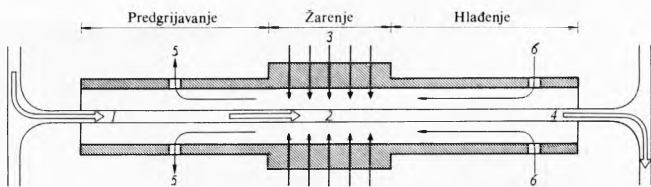
Suhe opeke peku se u pećima. Najjednostavnije su poljske peći građene od suhe opeke, izvana oblijepjene glinom. One su neekonomične, jer troše mnogo goriva, a opeka nije kvalitetno pečena, ali se mogu izgraditi neposredno uz nalazište gline. Za pečenje opeke najviše su se upotrebljavale kružne ili prstenaste (Hoffmannove) peći, a danas se opeka peče u tunelskim pećima. Peći rade bez prekida, pa se mnogo uštedi goriva jer se toplina dimnih plinova iskorišćuje za podgrijavanje peći.

Kružne ili prstenaste peći (sl. 2) sastoje se od 18 ili više komora koje su međusobno povezane, a smještene su oko zajedničkog dimnog kanala. Peć radi neprekidno. Opeke miruju u komori, a vatra se prebacuje iz komore u komoru. Uvijek su dvije komore pod punom vatrom. Plinovi izgaranja odvo-

de se iz komora u susjedne komore gdje predgrijavaju opeku. Nasuprot komorama pod punom vatrom nalaze se hladne komore iz kojih se vadi pečena opeka, a zatim opet pune osušenim opekama koje se uključuju u pečenje. Peći se lože čvrstim gorivima, ugljenom ili ugljenom prašinom.



Sl. 2. Kružna peć. 1 ulaz hladnog zraka, 2 ulaz gorivih plinova, 3 zajednički dimni kanal, 4 dimnjak



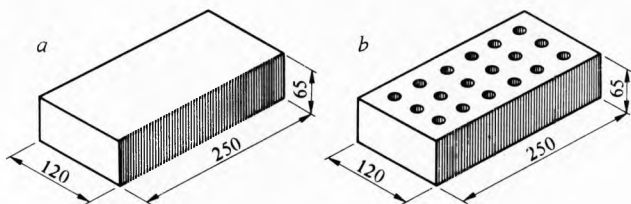
Sl. 3. Tunelska peć. 1 ulaz suhe opeke ili drugih keramičkih proizvoda, 2 pečenje, 3 ulaz gorivih plinova, 4 izlaz pečene opeke, 5 izlaz izgorjelih plinova, 6 ulaz hladnog zraka

Tunelska peć (sl. 3) ima oblik dugačkog kanala s tračnicama u podu. Opeke složene na vagonetu putuju kroz peć. U peći su tri zone: zona predgrijavanja, zona žarenja i zona hlađenja. U prvoj zoni opeka se predgrijava plinovima izgaranja, u drugoj se peče, a u trećoj hladi. Tunelska peć loži se obično plinovitim gorivom, radi bez prestanka i vrlo je ekonomična. Peć može biti duga 40 i više metara.

Nakon pečenja opeka se razvrstava po vrstama i kvaliteti.

Vrste i kvaliteta opekarskih proizvoda. Prema obliku, dimenzijama, vanjskom izgledu i mjestu ugradbe zidne opeke razvrstavaju se prema jugoslavenskom standardu na pune opeke, pune fasadne opeke, radijalne opeke, šuplje opeke (šuplje fasadne opeke, šuplji blokovi s vertikalnim šupljinama, šuplji blokovi s horizontalnim šupljinama), blokove za međukatne konstrukcije (nosive i nenosive), elemente za montažne gredice, te pregradne i porolit ploče. JUS ne predviđa dijelove opeka potrebne za izvođenje pravilnih vezova u zidu (sječeni komadi opeke).

Puna (obična) opeka (JUS B.D1.011, sl. 4a) upotrebljava se za zidanje zidova koji se žbukaju. Dimenzije su 250 × 120 × 65 mm, s dopuštenim odstupanjem od ±8 mm za duljinu, ±5 mm za širinu i ±3 mm za visinu. Može imati do 15% šupljina na ležišnoj plohi, pa da se ipak smatra punom opekama (sl. 4b). Plohe opeke mogu biti glatke ili izbrzdane do dubine od 3 mm, a opeka može biti iskrivljena najviše do 5 mm. Odstupanje od okomice ne smije biti veće od 5 mm, a opeka smije biti okrnjena najviše na tri mjesta do dubine od 20 mm. Pukotine po debljini opeke jedne nasuprot drugima nisu dopuštene. Marka opeke (oznaka M) označuje tlačnu čvrstoću u N/mm², pa npr. M10 znači da opeka ima tlačnu čvrstoću od 10 N/mm². Proizvode se opeke marka M 7,5, M 10, M 15 i M 20. Masa pune opeke iznosi 3,1...3,5 kg, a 1 m³

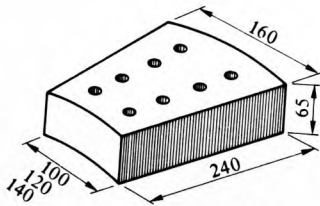


Sl. 4. Puna (obična) opeka. a) puna opeka b) opeka sa šupljinama do 15%

zida ima 384 pune opeke. Toplinska vodljivost λ je oko 0,93 W/Km. Opeka mora upijati najmanje 8% vode. U opeci ne smije biti soli i vapna u količinama koje bi štetno djelovale na trajnost opeke, što vrijedi za sve vrste opeka.

Porozna opeka proizvodi se kao obična opeka, ali se u glenu smjesu dodaje sitni izgorivi materijal (drvena pilovina, ugljena prašina) koji za vrijeme pečenja izgori. Upotrebljava se za izolacijske pregrade i zidove vrlo male nosivosti koji nisu izloženi atmosferskim utjecajima. Marka je porozne opeke M 2, M 5 i M 7, a gustoća 1,1...1,6. Dimenzije i tolerancije jednake su kao za punu opeku. Porozna opeka nije standardizirana.

Radijalna opeka (JUS B.D1.022, sl. 5) upotrebljava se za izradbu kružnih dimnjaka, bunara i sl. Dimenzije su radijalne opeke: duljina 240 mm, vanjska širina 160 mm, unutrašnja širina 100, 120 i 140 mm, a visina 65 mm, s tolerancijama $\pm 3\%$. Dopuštena iskrivljenost, odstupanje od okomice, okrnjenost i dopuštene pukotine moraju biti u granicama koje vrijede za pune opeke. Marka je radijalne opeke između M 15 do M 35. Mogućnost upijanja vode ne smije biti manja od 6%. Opeka mora biti postojana na niskim temperaturama. Smatra se da je opeka postojana ako može izdržati 50 uzastopnih ciklusa smrzavanja do temperature -20°C i ponovnog zagrijavanja u vodi temperature od 15°C .

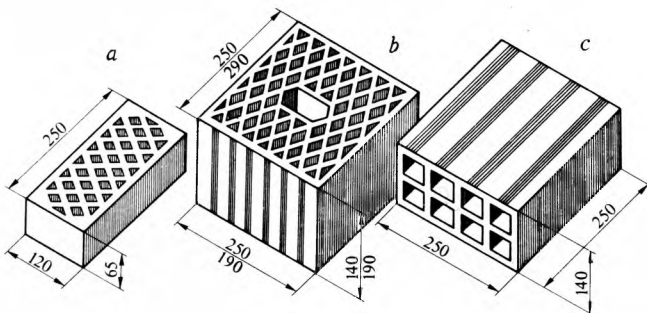


Sl. 5. Radijalna opeka

Puna fasadna opeka (JUS B.D1.013) upotrebljava se za zidanje zidova koji se ne žbukaju. Na ležišnoj strani smije imati najviše 15% šupljina. Plohe moraju biti glatke ili reljefne, a dvije susjedne bočne stranice moraju biti neoštećene. Najčešće su im dimenzije $(250 \pm 5) \times (130 \pm 3) \times (65 \pm 2)$ mm, a rjeđe se rade s dimenzijama $(190 \pm 4) \times (90 \pm 3) \times (55 \pm 2)$ mm. Opeka ne smije biti iskrivljena (dopušteno odstupanje od okomice iznosi 3 mm), ne smije biti okrnjena i ne smije imati pukotine na vidljivim stranama ugrađene opeke. Mogućnost upijanja vlage ne smije biti manja od 6% ni veća od 18%. Opeka mora biti otporna prema smrzavanju (mora izdržati 35 ciklusa smrzavanja na temperaturi od -20°C i otapanja u vodi temperature od 18°C). Soli i vapna ne smije biti u količinama koje bi štetno djelovale na kvalitetu i izgled opeke. Marke su punih fasadnih opeka M 10 do M 30.

Fasadne šuplje opeke i blokovi (JUS B.D1.014) upotrebljavaju se za izradbu zidova koje nije potrebno žbukati. Šupljine mogu biti okomite (sl. 6a i b) ili vodoravne (sl. 6c) s obzirom na ležište opeke, a površina šupljina s obzirom na površinu opeke ne smije biti manja od 15%.

Dimenzije šuplje fasadne opeke s okomitim ili vodoravnim šupljinama jednake su dimenzijama pune fasadne opeke. Bloko-



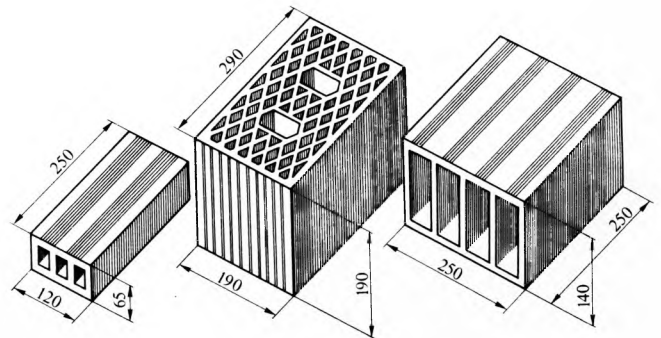
Sl. 6. Fasadne šuplje opeke i blokovi a i b okomite šupljine, c vodoravne šupljine

vi s okomitim šupljinama najčešće se izrađuju u sljedećim dimenzijama: $(250 \pm 5) \times (120 \pm 2) \times (140 \pm 3)$ mm, $(250 \pm 5) \times (190 \pm 4) \times (140 \pm 3)$ mm, $(290 \pm 5) \times (190 \pm 4) \times (140 \pm 3)$ mm i $(290 \pm 5) \times (190 \pm 4) \times (190 \pm 4)$ mm, dok su najčešće dimenzije blokova s vodoravnim šupljinama $(250 \pm 5) \times (250 \pm 5) \times (140 \pm 3)$ mm. Obje vrste blokova mogu se proizvoditi u sljedećim dimenzijskim granicama: duljina 190...390 mm, širina 60...290 mm, visina 55...290 mm.

Površina presjeka okomite šupljine ne smije biti veća od $2,5\text{ cm}^2$ kad presjeci šupljina imaju oblik kvadrata, kruga ili romba, a niti veća od 6 cm^2 kad su presjeci šupljina pravokutni ili ovalni. Uža strana presjeka šupljine ne smije biti veća od 15 mm, a debljina vanjske stijenke ne smije biti manja od 15 mm. U blokovima s vodoravnim šupljinama debljina vanjske stijenke mora biti najmanje 15 mm, a unutrašnja stijenka najmanje 10 mm. Opeke i blokovi ne smiju na vidljivim stranama imati pukotina niti smiju biti iskrivljene. Odstupanje od okomice ne smije biti veće od 3 mm. Dopušteno je da opeka ili blok budu oštećeni najviše na tri mjesta, ali duljina oštećenja ne smije biti veća od 10 mm. Takva su oštećenja dopuštena samo na stranicama koje nakon ugradnje neće biti vidljive.

Marke su opeka i blokova između M 5 do M 20. Mogućnost upijanja smije biti u granicama između 6...18%. Za otpornost prema smrzavanju vrijede isti uvjeti kao za punu fasadnu opeku. U vodi rastopljenih soli ne smije biti više od 1% i one ne smiju uzrokovati rascvjetavanje na vidljivoj strani ugrađene opeke.

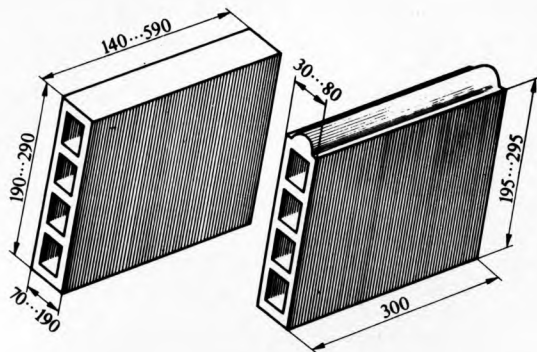
Šuplje opeke i blokovi (JUS B.D1.015, sl. 7) upotrebljavaju se za zidanje unutrašnjih i vanjskih zidova koji se žbukaju. Dimenzije takvih opeka i blokova te šupljina u njima jednake su dimenzijama i šupljinama fasadnih šupljih opeka i blokova. Debljina vanjskih stijenki ne smije biti manja od 10 mm, a unutrašnja manja od 8 mm. Dopušteno odstupanje od okomice ne smije biti veće od 5 mm, a pukotine u smjeru visine opeke smiju biti samo na dva mjesta. Iskrivljenost je ograničena proizvodnim postupkom, a mjeri se provlačenjem opeke i blokova između dvije paralelne ploče. Marka može biti u granicama između M 2 i M 20. Toplinska vodljivost λ je oko 0,40 W/Km, a ovisi o debljini stijenke i veličini šupljina. Standardom je propisano da minimalno upijanje vode iznosi 8%, ali gornja granica nije određena. U vodi rastopljenih soli ne smije biti više od 2%. Soli i vapna u opeci ne smije biti u količinama koje bi štetno djelovale na kvalitetu.



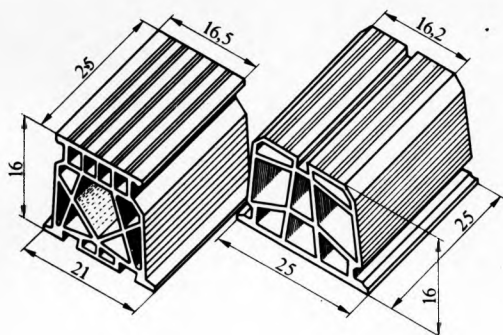
Sl. 7. Šuplje opeke i blokovi

Šuplje ploče i porolit-ploče (JUS B.D1.022, sl. 8) građevni su elementi s vodoravnim šupljinama. Mogu se proizvoditi s dodacima za smanjenje gustoće da bi se postigla bolja izolacijska svojstva. Ploče su kvadratnog ili pravokutnog oblika, a proizvode se u dimenzijama: duljina 140...590 mm, širina 30...120 mm i visina 195...395 mm, s tolerancijama za duljinu ± 10 mm, za širinu od ± 2 do ± 5 mm, a za visinu od ± 6 do ± 8 mm. Za veće dimenzije dopuštene su i veće tolerancije. Odstupanje od okomice ne smije biti veće od 5 mm. Za ploče duljine do 500 mm dopuštena su do 4 oštećenja po 20 mm, a za ploče veće duljine i do 6 oštećenja. Ploče ne smiju imati više od dvije pukotine. Iskrivljenost je ograničena provlače-

njem ploča između dviju paralelnih ravnina. Najmanja tlačna čvrstoća ploča iznosi 5 N/mm^2 (marka M5). Upijanje vlage ne smije biti manje od 8%. Sadržaj soli i vapna može biti u granicama samo umjerenog iscjetavanja.



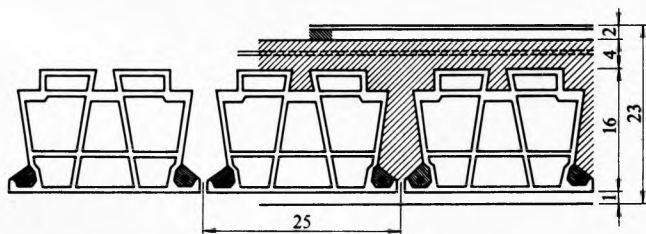
Sl. 8. Šuplje ploče i porolit-ploče



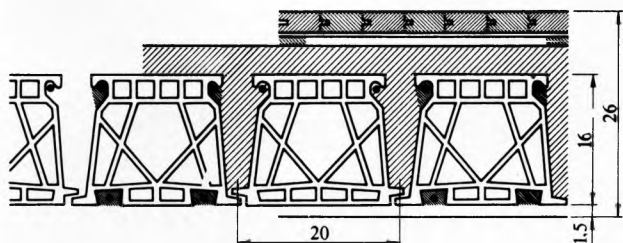
Sl. 9. Šuplji blokovi za međukatne konstrukcije

Šuplji blokovi i elementi za međukatne konstrukcije (JUS B.D1.030). Stropovi od šupljih blokova i elemenata izvede se kao polumontažne konstrukcije. Nosivi elementi su grede sastavljene od šupljih opekarskih blokova s tankim stijenkama i s uzdužnim šupljinama (sl. 9). Glavna se armatura stavlja u utore donje strane sastavljenih greda. Nosive grede postavljaju se jedna do druge (kad je veće opterećenje stropa, sl. 10), ili na razmacima, tako da se između nosivih greda kao ispuna umeću uložci od šupljih blokova (sl. 11 i 12), koji nemaju statičku funkciju. Međukatne konstrukcije od šupljih blokova i elemenata primjenjuju se za stambene, uredske i slične zgrade s manjim rasponima i opterećenjima.

U VII mjesecu 1984. dopunjeni su standardi za opeke i blokove s olakšanom masom, JUS B.D1.016 i 017.

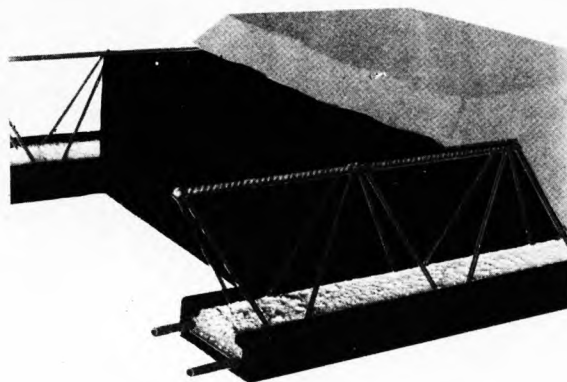


Sl. 10. Sastavljene nosive grede od šupljih blokova postavljene jedna do druge



Sl. 11. Sastavljene nosive grede na razmacima i blokovi ispune

Nosivi elementi i blokovi ispune proizvode se u sljedećim dimenzijama: duljina (195 ± 5) mm, (245 ± 6) mm i (295 ± 7) mm, širina (95 ± 5) mm, (115 ± 5) mm, (195 ± 5) mm, (245 ± 5) mm, (275 ± 7) mm, (295 ± 7) mm, (375 ± 8) mm, (395 ± 8) mm i 415 mm, te visina (40 ± 4) mm, (80 ± 4) mm, (100 ± 4) mm, (120 ± 4) mm, (140 ± 5) mm, (160 ± 6) mm, (190 ± 7) mm, (240 ± 8) mm i (290 ± 8) mm. Dopušteno je odstupanje od pravog kuta 3 mm. Nosivi blokovi mogu biti okrnjeni na tri mjesta, a duljina krhotine do 20 mm; blokovi ispune mogu biti okrnjeni na tri mjesta s duljinom krhotine do 25 mm. Pukotine su dopuštene samo u uzdužnom smjeru; najviše jedna pukotina na nosivom bloku, a dvije pukotine na bloku ispune. Elementi ne smiju imati pukotina. Nosivi blokovi i elementi ne smiju imati manju prosječnu tlačnu čvrstoću od 10 N/mm^2 (M10), a izrađuju se čvrstoće od 15 N/mm^2 (M15) i 20 N/mm^2 (M20). Blokovi ispune ne smiju imati tlačnu čvrstoću manju od 5 N/mm^2 . Nosivost blokova ispune određuje se prema duljini blokova. Za duljinu 295 mm najmanja propisana nosivost je 3500 N, za duljinu 245 mm 3000 N, a za duljinu 195 mm najmanje 2500 N. Upijanje vode mora biti najmanje 8%, a slobodnog vapna ne smije biti u količini koja bi štetno djelovala na kvalitetu bloka ili elementa.



Sl. 12. Strop Tert sastavljen od nosivih gredica s tlačnom armaturom i opeka (uložaka)

Specijalne vrste opeka. Uz opisane vrste opeka i blokova upotrebljavaju se i druge vrste, po obliku i dimenzijama slične, ali različite po svojim svojstvima i primjeni.

Prepeka ili klinker (v. *Keramika*, TE 7, str. 69) izrađuju se od odabrane gline koja sadrži malo kalcija, a dosta željeza. Opeka se peče na temperaturi od 1200°C , skoro do taljenja (sinterovanja), pa masa postaje gusta, čvrsta i nepropusna. Upotrebljava se za popločivanje prometnih površina, za oblaganje pročelja, te za temelje i zidove u vodi (mostovi). Upijanje vode dozvoljeno je do 6%.

Vapneno-silikatna opeka proizvodi se od kremenog pijeska i gašenog vapna (10%). Opeka se oblikuje na preši, a zatim se stavlja u autoklave (postrojenja u kojima se postižu visoki tlakovi), gdje dolazi do kemijskog vezanja gašenog vapna i kremenog pijeska, pa opeka očvrstne. Upotrebljava se za zidanje kao i opeka od gline. Tlačna čvrstoća opeke je $10 \cdot 40 \text{ N/mm}^2$.

Šamotne (vatrostralne) opeke proizvode se od manjeg dijela vatrostralne gline i većeg dijela mljevenog praha već prije pečene šamotne opeke. Šamotna opeka može izdržati temperaturu od 1600°C , pa se upotrebljava uglavnom za obloge ložišta i donjih dijelova dimnjaka. Slično šamotnoj opeci upotrebljavaju se kao bazični vatrostralni materijali magnezitna, dolomitna i boksitna opeka, a kao kiseli vatrostralni materijali silika-blokovi i dinas-blokovi.

Kiselootporne opeke upotrebljavaju se u agresivnim sredinama gdje djeluju sumporna ili solna kiselina i lužine.

Ispitivanje opeke. Ispitivanja svojstava opeke propisana su standardom JUS B.D8.011. Kvalitetna opeka mora biti pravilnog oblika, ravnih površina, jednolična na prijelomu, mora dati jasan zvuk na udarac čekićem, ne smije imati pukotine, mora imati propisanu čvrstoću na tlak itd. Za potpuno ispi-

tivanje uzima se 25 opeka, a ispituju se sljedeća svojstva: dimenzije i iskrivljenost, čvrstoća na tlak, čvrstoća na savijanje, upijanje vode, otpornost prema smrzavanju, masa pojedine opeke, štetno djelovanje soli i vapna.

Dimenzije opeke provjeravaju se na 10 opeka s točnošću od 1 mm. Kao rezultat uzima se srednja vrijednost dvaju mjerenja za duljinu, širinu i visinu. Odstupanje od pravog kuta mjeri se na dva dijagonalna ugla metalnim kutnikom, a okrnjenost čeličnim ravnalom s točnošću od 1 mm. Iskrivljenost površine ispituje se provlačenjem opeke ili bloka između dviju paralelnih ravnina razmaknutih na udaljenost određenu za pojedinu vrstu opeke ili bloka.

Čvrstoća na tlak blokova i ploča ispituje se na pet uzoraka. Za ispitivanje punih opeka normalnog formata (250 × 120 × 65 mm) priređuje se deset opeka. Opeke se navlaže i lijepe po dvije zajedno cementnim mortom (omjer 1:1, debljina do 5 mm, pijesak sa zrcima do 0,1 mm). Plohe ovako slijepjenih opeka moraju biti potpuno ravne i paralelne. Kada mort otvrdne, uzorci se polagano i ravnomjerno opterećuju do loma. Tlačna čvrstoća (σ_p) izračuna se iz sile loma F i stvarnog presjeka A koji preuzima opterećenje (površina uzorka):

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Rezultat je srednja vrijednost pet ispitivanja.

Nosivost blokova ispune ispituje se na pet uzoraka koji se postave na dva oslonca donjom površinom, ili na krajevima istaka, a na sredini gornje površine postavi se čelična traka duljine bloka. Opeka se zatim ravnomjerno opterećuje do loma.

Čvrstoća na savijanje prema našim se standardima ne ispituje, a ako se posebno traži, ispituje se samo za punu, šuplju i fasadnu opeku normalnog oblika. Opeka se postavi na dva ležaja na kojima je prethodno po cijeloj širini nanesen cementni mort minimalne debljine širok 30 mm. Opeka se na sredini postepeno opterećuje do loma. Čvrstoća na savijanje izračuna se prema formuli

$$\sigma_s = \frac{3Fl}{2bh^2} \quad (2)$$

gdje je F sila loma, l udaljenost ležišta, b širina, a h visina opeke.

Provjera mase ispituje se na pet uzoraka osušenih u sušionici na temperaturi 105 °C. Nakon sušenja masa se mjeri dva puta u vremenskom intervalu od dva sata s točnošću od 1 g. Ako razlika rezultata mjerenja nije veća od 2%, određena je stalna masa opeke.

Upijanje vode određuje se iz razlike mase opeke natopljene u hladnoj ili kipućoj vodi i suhe opeke. Za ispitivanje se uzima pet opeka osušenih do stalne mase. Odvagnute opeke postavljene okomito preliju se vodom u posudi do polovice visine. Nakon dva sata voda se dolje do 3/4 visine, a nakon 22 sata do pune visine opeke. Opeka leži u vodi 24 sata od početka pokusa, a nakon toga opeka se važe i ponovno potapa u vodu 24 sata. Postupak se ponavlja dok se ne postigne stalna masa. Tada se mjeri masa opeke s točnošću od 1 g. Postotak upijanja vode određuje se pomoću izraza

$$U = \frac{m_1 - m}{m} 100\%, \quad (3)$$

gdje je m stalna masa suhe opeke, a m_1 stalna masa vodom zasićene opeke.

Da se odredi upijanje u kipućoj vodi, opeke moraju biti potopljene u vodi 24 sata. Nakon toga voda se zagrijava 1 sat do ključanja i kuha se četiri sata. Opeke se zatim ohlade, površinski osuše i važu. Postotak upijanja kipuće vode izračunava se iz izraza

$$U_k = \frac{m_2 - m}{m} 100\%, \quad (4)$$

gdje je m_2 masa opeke poslije kuhanja, a m stalna masa suhe opeke.

Postojanost prema smrzavanju ispituje se na pet vodom zasićenih opeka koje se smrznu na temperaturi -20 ± 2 °C kroz četiri sata. Nakon toga opeke se odmrzavaju potapanjem u vodi temperature od 15...20 °C četiri sata. Ciklus smrzavanja i odmrzavanja ponavlja se onoliko puta koliko je propisano standardom za određenu vrstu proizvoda. Opeka je postojana prema smrzavanju ako poslije ispitivanja ostane neoštećena, i ako se ne ljušti i ne raspada. Ako se opeka pokusom ošteti, vaganjem se izmjeri gubitak mase nakon pokusa i iskaže u postocima. Gubitak, koji ne smije biti veći od 2%, određuje se iz izraza

$$G = \frac{m_0 - m_1}{m_0} 100\%, \quad (5)$$

gdje je m_0 masa suhe opeke prije smrzavanja, a m_1 masa suhe opeke nakon smrzavanja.

Štetno djelovanje soli (iscvjetavanje). Ako se u opeci nalaze soli topljive u vodi, one se kristaliziraju i izbijaju na površinu kao sitne bijele iglice, bijele mrlje i u obliku cvjetova. Iscvjetane soli štetno djeluju na mort koji se tada ljušti i raspada, a mogu se raspasti i opeke. Izbijanje soli ispituje se na šest prepolovljenih opeka koje se stavljaju u destiliranu vodu. Kad su opeke zasićene vodom, ostave se na sobnoj temperaturi i promatraju sedam dana. Ako se pokaže sklonost iscvjetavanju, određuje se količina topljivih soli kemijskom analizom.

Štetno djelovanje vapna. Gline od kojih se izrađuje opeka ne smiju sadržati veće komadiće vapnenca, jer pri pečenju vapnenac prelazi u živo vapno koje se u opeci veže s vodom iz zraka, pri tom se gasi, pa se povećava volumen, a opeka zbog toga puca. Štetno djelovanje vapna ispituje se na pet opeka ili blokova. Uzorci natopljeni vodom stavljaju se u autoklav i izlažu djelovanju zasićene pare pod tlakom od 0,3 MPa tokom tri sata. Nakon završenog ispitivanja opeka ne smije biti oštećena. Ako u opeci ima vapna, opeka će se oštetiti i mrviti. U drugom postupku opeka se stavlja u ulaznu komoru kroz 14 dana, nakon čega se vidi dali u opeci ima vapna.

LIT.: Lj. Barić, M. Tjader, Mikrofotografija petrogenih minerala. Školska knjiga, Zagreb 1967. — P. Koščević, Građevna opeka, crijep i ostali opekarski proizvodi. Tehnička knjiga, Zagreb 1969. — I. Piton, Priručnik za proizvodnju cigle, crepa i šupljih elemenata. Privredni pregled, Beograd 1970. — I. Blumnav, Priručnik o uporabi opeke. Gradbeni center Slovenije, Ljubljana 1971.

J. Zajc

OPLEMENJIVANJE MINERALNIH SIROVINA

(priprema ili obogaćivanje mineralnih sirovina), prerada čvrstih mineralnih sirovina fizikalnim, fizikalno-kemijskim ili kemijskim postupcima radi odvajanja korisnih od nekorisnih sastojaka. Takva je prerada gotovo uvijek potrebna jer se mineralne sirovine u Zemljinoj kori gotovo nikad ne nalaze čiste, bez beskorisnih ili i štetnih primjesa, jer su mineralni sastojci mahom međusobno srasli pa ih treba razdvojiti i jer granulaciju oplemenjenih proizvoda veoma često treba prilagoditi potrebama korisnika. To se može postići zato što se u svim mineralnim sirovinama fizikalna i kemijska svojstva pojedinih komponenata međusobno razlikuju. Te se razlike u oplemenjivačkim postupcima iskorišćuju uglavnom neposredno, ali se u nekim postupcima fizikalna svojstva moraju izmijeniti da bi se postigli traženi rezultati. Tako se, npr., u flotaciji djelovanjem specijalnih reagenata mijenjaju površinska svojstva minerala (v. Flotacija, TE 5, str. 460), a u električnoj se koncentraciji djelovanjem elektrostatičkog polja utječe na površinsku vodljivost (v. Elektrostatičke operacije, TE 5, str. 43).

U historiji oplemenjivanja mogu se, veoma grubo, razlikovati tri razdoblja: prvo, od pravadnih vremena do, približno, XVI stoljeća, tj. do pojave knjige De re metallica (1556), drugo, do kraja XVIII stoljeća, tj. do izuma parne mašine i, treće od tada do danas.

Prvi je oplemenjivač bio pravadni čovjek kad je iz šljunka odabirao oblutke pogodne za upotrebu kao oruđe ili oružje. U bakrenom i brončanom doba svakako se znalo za neki postupak dobivanja bakra i kositra. Vjerojatno su se ti postupci osnivali na korištenju tekuće vode, možda putem ispiranja