

## MASIVNI PROČELJNI SUSTAVI

Pročelje je uobičajeno vidljiva površina iza koje se nalazi volumen građevine i vrlo je važan element zgrade. Unutarnje prostore štiti od vanjskih atmosferskih utjecaja, osim toga smanjuje temperaturne oscilacije okoline u oba smjera, od unutra prema van i obrnuto.

Zadaće ovoja zgrade su vrlo raznolike, stoga zid mora biti sastavljen tako da zadovolji sve građevno – fizičke zahtjeve.

S građevno-fizičkog stajališta postoje dva osnovna tipa pročelja: neventilirana i ventilirana pročelja.

### 1 Neventilirana pročelja

Neventilirana su pročelja vrlo raširen sustav za gradnju vanjske opne zgrade. Uobičajeno su sastavljena od više slojeva. Prednost je tog pročelnoga sustava u jednostavnijoj i jeftinijoj izvedbi, lakšem oblikovanju pročelja itd. Kod neventiliranih pročelja nema sloja zraka između obloge i toplinske izolacije. Toplinska izolacija može biti s vanjske strane pročelnog zida, s njegove unutarnje strane, s obje strane pročelnog zida, između dvju zidova (međutoplinska izolacija ako se radi o složenoj konstrukciji), a zid može biti, ako ispunjava određene uvjete, i bez toplinske izolacije. Svaki sustav ima svojstvene značajke koje se moraju poštivati pri izboru pročelja u određenome slučaju. Učinkovitost pročelnog sustava ovisi o debljini i poziciji toplinske izolacije. Kod neventiliranoga pročelnog zida može biti ugrađena:

1. vanjska toplinska izolacija
2. unutarnja toplinska izolacija
3. obostrana toplinska izolacija
4. međutoplinska izolacija
5. zid bez toplinske izolacije

### 1.1 Vanjska toplinska izolacija

Kod ovog je sustava toplinska izolacija na vanjskoj plohi nosivog zida, a od vremenskih je utjecaja štiti pročeljna obloga. Za učinkovitu izvedbu pročeljne konstrukcije s vanjskom toplinskom izolacijom moraju biti optimalno izabrani i ugrađeni slojevi toplinske izolacije i pročeljne obloge. Toplinskoizolacijske ploče moraju zadovoljavati uvjete trajnosti i ne smiju biti podložne trošenju, ne smiju upijati vodu, moraju biti čvrsto pričvršćene na podlogu, pri temperaturnom djelovanju ne smiju se oštetiti niti dopuštati nastanak toplinskih mostova. Pročeljna je obloga zbog nemogućnosti prolaza topline kroz stijenu (što sprječava toplinska izolacija) izložena višim termičkim opterećenjima, stoga mora biti čvrsto i trajno pričvršćena na podlogu, ne smije se razilaziti i propadati, mora biti propusna za vodenu paru, otporna na svjetlost i vremenske utjecaje. Osim toga mora imati i primjerenu mehaničku čvrstoću.

### 1.2 Unutarnja toplinska izolacija

Kod pročelja s toplinskom izolacijom s unutarnje strane zida nosivi je zid izložen velikim temperaturnim promjenama, zimi se totalno smrzne, a zbog toplinskog je zastoja ljeti (toplinska izolacija na unutarnjoj strani sprječava prolaz topline u prostor) vrlo topla. Na vanjskim plohama dolazi do temperaturnih rastezanja. Posebno su izloženi zidovi od vidljivog betona koji se moraju dodatno armirati. Slaba je strana ovog sustava da nosivi zid akumuliranu sunčevu toplinu zbog sloja toplinske izolacije ne može prenijeti u prostor. Unutarnja je toplinska izolacija primjerena samo za prostore koji se griju kratko vrijeme (vikendi, prostori za povremena okupljanja, samo povremeni boravak u stanu). U tom sluča-

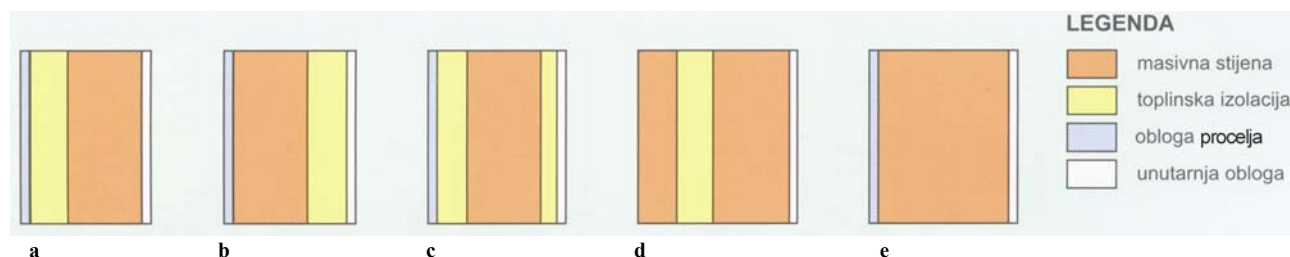
ju zid nije potreban kao skupljač topline jer se prostor brzo zagrije i isto tako brzo hladi. Toplinska se izolacija često postavlja na unutarnju stranu i u slučaju sanacija kad je ugradnja na vanjsku stranu teže izvodljiva zbog konstrukcijskih problema ili zahtjeva zaštite spomenika.

Vrlo je važno da se kod vlažnih prostora na unutarnjoj strani postavi parna brana. Pri tom sustavu, naime, lako dolazi do kondenzacije vodene pare u toplinskoj izolaciji. Pjenasti toplinskoizolacijski materijali sa zaptovanim stanicama kao što su npr. ploče od polistirena, koje imaju difuzijsku otpornost prolazu vodene pare  $\mu = 20$  do 50, mogu istodobno služiti kao parna brana.

### 1.3 Obostrana toplinska izolacija

Kod ove konstrukcije potrebno je paziti na sve kriterije koji vrijede i kod unutarnje i kod vanjske toplinske izolacije. Bolji se učinak postiže ako je debljina vanjske toplinske izolacije u usporedbi s unutarnjom dvostruka. Toplinska izolacija koja se primjenjuje kod tog sustava mora biti otporna na vlagu (npr. pjenasti toplinskoizolacijski materijali koji ne trunu). U vlažnim prostorima, kojima pripadaju kuhinje i kupaonice, većinom je potrebna parna brana, koja mora ležati između unutarnje toplinske izolacije i unutarnje obloge.

Taj je sustav između ostalog primjeren za betonske vanjske stijene, iako su već opremljene vanjskom ili međutoplinskom izolacijom. Pri tome je dostatna izolacijska obloga debljine oko 5 mm koja je smještena ispod unutarnje obloge, npr. gipskartonske ploče, jer se ovdje radi o poboljšanju osjećaja pri doticaju unutarnje površine i ne može se govoriti o obostranoj toplinskoj izolaciji u pravom smislu.



Načini toplinske izolacije (TI) neventiliranih pročelja: a-vanjska TI, b-unutarnja TI, c-obostrana TI, d-međutoplinska izolacija, e-pročelje bez TI

1.4. Međutoplinska izolacija

Toplinska izolacija leži između dva masivna zidna sloja, unutarnji je sloj zida većinom nosiv, ali može biti i nenosiv. Najpoznatija je izvedba tog višeslojnog zida tzv. troslojna ploča, betonska ploča za montažnu gradnju.

Sustav ima nekoliko slabih karakteristika. Čelična su sidra koja povezuju unutarnju i vanjsku ljusku toplinski mostovi. Drugi je problem termičko opterećenje pročeljne obloge do kojeg dolazi zbog toplinskog zastoja, jer toplina zbog ležeće toplinske izolacije ne dolazi do drugog sloja zida.

1.5 Zid bez toplinske izolacije

Monolitna nosiva stijena od opeke, kamena, gline itd. nema toplinsku izolaciju. Te su stijene uobičajeno porozne i "dišu" - dakle propuštaju zrak i vodenu paru. Kod tih je pročelja teško ispuniti građevnofizikalne zahtjeve, a da stijene ne postanu vrlo debele. U posljednje vrijeme rijetki proizvođači nude opečne elemente koji i bez dodatne toplinske izolacije imaju dovoljan koeficijent toplinske provodljivosti, iako takve konstrukcije ne odgovaraju za sva klimatska područja.

2 Ventilirana pročelja

Ventilirana pročelja imaju na unutarnjoj strani vanjske obloge sloj zraka za prozračivanje i time se razlikuju od neventilirajućih pročelja kod kojih su slojevi pojedinih materijala međusobno spojeni. Ventilirana su pročelja posebno primjerena u ekstremnim uvjetima – kod snažnog vjetrova, kiše, mraza itd. Sloj zraka

sprječava pregrijavanje toplinske izolacije, a osim toga omogućava mogućoj vlazi u toplinskoj izolaciji, do koje dolazi zbog vanjskih utjecaja ili zbog kondenzacije vodene pare, da što prije oteče ili ishlapi iz konstrukcije. Kako bi ventilirajući sloj služio svojoj namjeni zrak mora kružiti, što je moguće samo ako sustav ima ugrađene dovodne i odvodne otvore. Iz termičkih se razloga zrak diže i izlazi u gornjem predjelu pročelja, a kroz dovodne otvore u donjem dijelu pročelja dolazi hladan vanjski zrak.

S obzirom na položaj toplinske izolacije razlikuju se dva sustava vanjskog zida – ventilirana pročelja s vanjskom ili međutoplinskom izolacijom.

2.1 Vanjska toplinska izolacija

Kod ovog je tipa pročelja nosivi zid toplinski izoliran na vanjskoj strani. Stijene s vanjskom toplinskom izolacijom i prozračivanom oblogom su građevnofizikalno besprijeorne i imaju brojne prednosti pred drugim pročeljnim sustavima. Zbog vanjske toplinske izolacije lakše je izbjeći toplinske mostove. Dilatacija se može namjestiti u vrlo velikim razmacima jer nema velikih temperaturnih rastezanja nosive konstrukcije. Dilatacije za pojedine građevne dijelove mogu u cijelosti otpasti. Pri grijanju s radijatorima parapet djeluje kao kaljiva peć – sprema isijavajuću toplinu i zatim ju, kad je

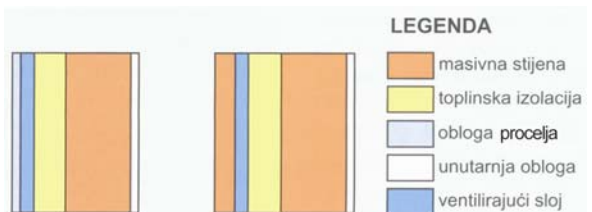
temperatura okoline niža, grije prostor.

Pročeljna obloga može biti od različitih materijala – drva, stakla, metala, kamena, opeke itd. Materijali za oblogu mogu biti paronepropusni jer vodenu paru, koja prodire unutra, dočekuje zrak u ventilirajućem sloju i odvodi van. Kod obložnih ploča manjeg formata moguće je zračenje i odzračivanje preko fuga. kod većih su obložnih ploča potrebni dodatni otvori za dovod i odvod zraka.

Ventilirajući je sloj između toplinske izolacije i vanjske obloge zbog dimnjačkog djelovanja posebno požarno ugrožen, stoga toplinska izolacija mora biti negoriva. Kod visokih zgrada nastaju posebna opterećenja zbog vjetrova, što može oštetiti oblogu. Ako pročeljni sustav ima toplinsku izolaciju od mineralnih ili staklenih vlakana, sloj mora biti zaštićen od vjetrova koji vlakna može oštetiti ili otrgnuti.

2.2 Međutoplinska izolacija

Konstrukcija je sastavljena od masivne stijene od uobičajenih materijala, masivnog pročeljnog ovoja od samonosivih elemenata (opeka, silikat, beton, ...), između tih dvaju slojeva je ventilirajući sloj i toplinska izolacija. Sastav je primjeren za kiš-



Načini toplinske izolacije ventiliranih pročelja: lijevo-vanjska TI, desno-međutoplinska izolacija

na područja s jakim vjetrom, kao nosivi sloj za oblikovanje pročelja, u prizemnom, izloženijem dijelu zgrade, za zaštitu toplinske izolacije od oštećenja zbog udaraca ...

Takva je stijena prilično skupa. Masivni pročeljni ovoj mora biti povezan s unutarnjom masivnom stijenom nahrđajućim sidrima. Za sloj zraka potrebni su dovodni i odvodni

otvori i postupci za odvodnjavanje i prozračivanje sloja.

T. Vrančić

## TOPLINSKOIZOLACIJSKE ŽBUKE

Toplinskoizolacijska je žbuka tvornički proizvedena žbuka kojoj je vrijednost toplinske provodljivosti  $\lambda$  manja od 0,20 (W/mK). Prednosti ovih žbuka u odnosu na danas sve češće upotrebljavane kontaktne sustave toplinske zaštite (ETICS) jesu:

- jednostavna klasična primjena
- u potpunosti na mineralnoj bazi
- odlična paropropusnost
- ekološka prihvatljivost

Kao dodaci za poboljšavanje toplinske provodljivosti žbuke upotrebljavaju se granule perlita ili ekspaniranog polistirena (EPS).

### Sastav toplinskoizolacijskih žbuka

Toplinskoizolacijske žbuke sastoje se od tri osnovna sastojka: veziva, ispunje i aditiva.

1. Vezivo – kao vezivo upotrebljavaju se cement i vapno
2. Ispuna
  - Perlit koji se dobiva ekspaniranjem vulkanskog pijeska čime se otprilike dvadeset puta povećava njegov obujam. Veličina zrna žbuke koja se rabi je do 4 mm
  - EPS granule za žbuke koje se dobivaju lomljenjem i prosijavanjem otpada u proizvodnji EPS-ploča, veličine do 4 mm
3. Aditivi
  - Aerant – u žbuci stvara sitne zračne pore i time poboljšava toplinsku provodljivost, otpornost na smrzavanje i obradivost
  - Plastifikator – sprječava prebrzi gubitak vode, smanjuje potrebu za vodom, poboljšava fizikalna svojstva žbuke

- Učvršćivači – poboljšavaju stabilnost žbuke
- Polipropilenska vlakna – smanjuju rizik pucanja, poboljšavaju stabilnost i kompaktnost
- Sredstvo za hidrofobiranje – poboljšava vodoodbojnost.

### Svojstva toplinskoizolacijskih žbuka

Kao i kod svih ostalih toplinskoizolacijskih materijala osnovno je svojstvo ovih žbuka njihova toplinska provodljivost tzv.  $\lambda$ -vrijednost izražena u (W/mK). Raspon u kojem se kreće  $\lambda$ -vrijednost za TI-žbuke je od 0,07 do 0,20 (W/mK). Žbuke koje kao ispunje sadrže granule stiropora imaju znatno nižu toplinsku provodljivost od onih s perlitom. Na hrvatskom tržištu postoje i kombinacije ovih dvaju materijala koje imaju najlošija toplinskoizolacijska svojstva.

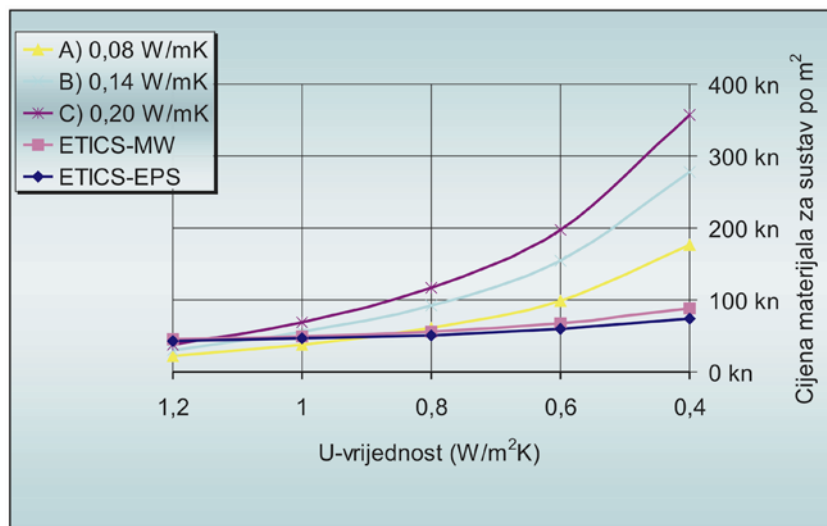
TI-žbuke zbog svoje male specifične gustoće u odnosu na vapneno-cemen-

tne žbuke imaju bolju obradivost, što im omogućava debljine nanošenja od 3 do 6 cm u jednome sloju. TI-žbuke sa stiroporom puno su lakše od onih s perlitom pa je njihova debljina nanošenja veća od perlitnih žbuka. Na tržištu postoje kvalitetne stiroporne žbuke koje se mogu strojno nanijeti i do 8 cm u jednome sloju.

Žbuke sa stiroporom su elastične pa dobro premošćuju eventualne pukotine u podlozi i dobro neutraliziraju razlike u svojstvima materijala podloge (cigla-beton na serklažima i sl.). Zbog toga se vrlo često rabe pri žbukanju problematičnih mješovitih zidova.

Perlitna žbuka u odnosu na stiropornu ima bolju vatrootpornost pa se rabi tamo gdje postoje zahtjevi za višom klasom vatrootpornosti.

U odnosu na ETICS-sustave ove žbuke imaju ograničenje u primjeni radi maksimalne debljine nanošenja zbog čega se ne mogu postići niže *U-vrijednosti*, posebno kod žbuka s



Slika 1. Dijagram cijena pojedinih sustava ovisno o U-vrijednosti (W/m<sup>2</sup>K) za zid od normalno porozne blok-opeke debljine 29 cm

Tablica 1. Karakteristike elemenata sustava s toplinskoizolacijskim žbukama						
Red. br.	Proizvod	Debljina sloja (mm)	Vrijeme sušenja	Toplinska vodljivost $\lambda$ (W/m <sup>2</sup> *K)	Potrošnja	
1	a	Cementni špric	4	3 dana	0,8	6,0 kg/m <sup>2</sup>
	b	Vezivni posrednik	4	1 dan	0,9	4,0 kg/m <sup>2</sup>
2	a	TI-žbuka s EPS-om	maks. 2x60	5 dana/cm	0,08	10,0 lit/m <sup>2</sup> /cm
	b	TI-žbuka s perlitom	maks. 2x30		0,14	12,5 lit/m <sup>2</sup> /cm
	c	TI-žbuka-loša	maks. 2x30		0,20	12,5 lit/m <sup>2</sup> /cm
3	Fina žbuka	2-3	3 dana	0,7	5,0 kg/m <sup>2</sup>	
4	Predpremaz	-	12-24 sata	-	0,15-0,2 kg/m <sup>2</sup>	
5	a	Plemenita žbuka	2-4		-	3,8-7 kg/m <sup>2</sup>
	b	Silikatna žbuka	1,5-4,0		-	2,5-3,5 kg/m <sup>2</sup>
	c	Silikonska žbuka	1,5-4,0		-	2,4-3,2 kg/m <sup>2</sup>
	d	Akrilna žbuka	1,5-4,0		-	2,4-3,2 kg/m <sup>2</sup>

većim  $\lambda$  (tablica 1.). Izračuna li se cijena svakoga pojedinoga sustava ovisno o koeficijentu prolaza topline *U-vrijednosti* za zid od normalno porozne blok-opeke debljine 29 (slika 1.), vidi se da cijene sustava sa žbukama eksponencijalno rastu kako pada *U-vrijednost*, za razliku od ETICS-sustava kod kojih je rast cijene praktično linearan. Razlog tome jest što je udio cijene TI-žbuke u sustavu puno veći od udjela cijene TI-ploče/lamele u ETICS-sustavu. Prema novom *Tehničkom propisu o uštedi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* (NN 79/05 i 155/05) *U-vrijednost* vanjskog zida mora biti manja od 0,45 (W/m<sup>2</sup>K). Dijagram jasno pokazuje da na takvim zidovima TI-žbuke imaju manju mogućnost primjene zbog ograničenja u debljini nanošenja te relativno velikoj toplinskoj provodljivosti.

#### Izvođenje s toplinskoizolacijskim žbukama

Prema stručnoj literaturi od završetka zidarskih radova do nanošenja žbuke treba proći 3 do 6 mjeseci jer se u tom vremenu razvija većina deformacija zbog skupljanja i puzanja morta i betona. Budući da su, kao što je gore navedeno, žbuke sa striroporom elastičnije od klasičnih vap-

no-cementnih žbuka, ovo bi se vrijeme čekanja eventualno moglo i smanjiti.

Prije svakog žbukanja potrebno je provjeriti kvalitetu podloge. Sukladno *Smjernicama za izvođenje s tvornički gotovim žbukama* podloga mora biti:

- nosiva i čvrsta
- stabilnog oblika
- ujednačeno upojna
- homogena
- bez prašine
- bez nečistoća, iscvjetavanja i sl.
- nesmrznuta.

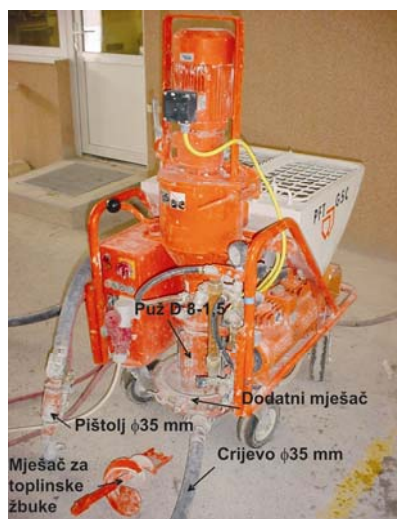
Prije nanošenja TI-žbuka uvijek je potrebno na podlogu nanijeti vezivni mort. Za podloge od opeke i grube betone uglavnom se rabi cementni prethodni *špric*, a za glatke betone izvedene u glatkoj oplati (npr. Peri, Doka i sl.) oplemenjeni cementni *špric* ili tzv. vezivni posrednik. Oba materijala su cementni mortovi oplemenjeni većom količinom disperzija, kako bi se poboljšala njihova prionjivost na glatku neupojnu podlogu. Vezivni se posrednik nanosi gleterom i zatim dok je još svjež pročešlja zupčastim gleterom radi

dotadne mehaničke veze. Pojedina stručna literatura i proizvođači navode da nanošenje TI-žbuke slijedi postupkom "mokro na mokro". Drugi pak navode kao bolje rješenje, što je mišljenje i autora članka, sačuvati vrijeme sušenja vezivnog posrednika približno 24 sata, jer u tom vremenu on dovoljno stvrdne pa neće doći do klizanja žbuke s podloge. Kvalitetni vezivni posrednici na površini ne stvaraju koru pa nema smanjene prionjivosti sloja koji slijedi.

Pri nanošenju TI-žbuka najvažnije je pridržavati se upute proizvođača o količini dodane vode jer njezino previsoko ili premalo doziranje uzrokuje probleme pri izvođenju pa žbuka klizi, odvaja se od podloge ili je teška za obradu. Toplinskoizolacijske žbuke sa striroporom uglavnom se nanose strojem za žbukanje, npr. PFT G4/G5 uz obvezatnu dodatnu opremu (slika 2.) ali se mogu u nešto tanjim debljinama nanositi i ručno.

Suprotno tome, perlitne se žbuke nanose isključivo ručno jer je perlit vrlo agresivan pa uzrokuje brzo habanje dijelova stroja (pužnice, crijeva, mješača i dr.) što je njihov veliki nedostatak. Pri dvoslojnom je nanošenju potrebno da prvi sloj dovoljno stvrdne (prvi sloj mora biti što grublje površine). Površina TI-žbuke se





Slika 2. Stroj za žbukanje PFT G5C s dodatnom opremom za toplinskoizolacijske žbuke

ne smije *filcati* i/ili *gletati*. Prije sljedećeg sloja TI-žbuke potrebno je prethodni sloj propisno osušiti (tablica 1.).

### Završni slojevi

Jako je važno, a što izvođači vrlo često radi uštede vremena i smanjenja troškova izbjegavaju, prije završnog tankog sloja na TI-žbuke nanijeti tanki međusloj fine žbuke. Ovdje je potrebno ponovno naglasiti da se ovaj sloj nanosi tek nakon propisanog vremena sušenja TI-žbuke čega se izvođači često ne pridržavaju a to može nakon nekoliko mjeseci uzrokovati pojavu vlaknastih pukotina. Naročito onda kad se na fini sloj nanosi proćeljna akrilna žbuka ili boja.

Budući da TI-žbuke imaju relativno malu tlačnu čvrstoću (s EPS-om 0,5 N/mm<sup>2</sup>, a s perlitom 1,0 N/mm<sup>2</sup>), ka

### OBLOGE ZA PROĆELJA

Obloga proćelja je vanjski sloj ovoja koji štiti zgradu od utjecaja iz okoliša. Osim zaštitne funkcije ima bar još jednu osnovnu funkciju – određuje izgled cijele zgrade. Izložena je različitim pa i ekstremnim atmosferskim utjecajima; preuzima temperaturnu opterećenja, štiti ostale slojeve zida od vjetrova i neugodnih vremenskih utjecaja. Zbog agresivnih vanjs-

ko bi učvrstili površinu TI-žbuke, izvođači pokatkad na nju navlače ljepila za keramiku ili građevinska ljepila što je vrlo opasno. Posljedica je takvog "uvršćivanja" najčešće pojava pukotina, a katkad može doći čak i od odvajanja ovog čvrstog sloja od TI-žbuke (slika 3.). Ako se već radi nekakve sigurnosti želi učvrstiti površina, onda to treba izvesti s visokokvalitetnim ljepilom za izradu armiranog sloja ETICS-sustava, ali uz obvezatno umetanje alkolnootporne tekstil-staklene mrežice veličine okna približno 5 x 5 mm. Debljina ovog sloja mora biti najmanje 3 mm, a mrežica pozicionirana u sredinu.



Slika 3. Odvajanje međusloja ljepila od toplinskoizolacijske žbuke

Ne preporučuje se ove žbuke gletati bilo kojom vrstom mase za gletanje poradi velikog rizika od pojave pukotina.

kih uvjeta obloga mora imati dobru mehaničku čvrstoću i sposobnost da podnese temperaturna rastezanja, a one obloge koje tijesno naliježu i nemaju potkonstrukciju moraju imati dobru adhezijsku prionjivost na podlogu.

Pričvršćenje proćeljne obloge može biti vidljivo ili nevidljivo. Kod vidljivih je spojeva obloga pričvršćena

Keramika i ploče od prirodnog ili umjetnog kamena smiju se lijepiti na žbuke čija je tlačna čvrstoća veća od 2,0 N/mm<sup>2</sup>, pa se na toplinskoizolacijske žbuke ove obloge ne smiju upotrebljavati. U takvim se slučajevima ploče moraju na zide učvrstiti mehaničkim putem.

Kao završni sloj mogu se upotrebljavati bilo koje tankoslojne završne žbuke ili premazi s time da se svakako treba pridržavati propisanih vremena sušenja prethodnih slojeva, a pri upotrebi akrilnog premaza ili žbuke vremena sušenja i odgovarajuće produljiti poradi povećanog rizika od pojave vlaknastih pukotina.

U današnje se vrijeme proćeljni sustavi s toplinskoizolacijskim žbukama sve više zamjenjuju kontaktnim sustavima toplinske izolacije vanjskih zidova (ETICS). To je ponajprije uvjetovano strožim propisima u području uštede energije čije zahtjeve ove žbuke ne mogu ispuniti kod primjene na normalno poroznoj opeci zbog relativno visoke toplinske provodljivosti i manje debljine izolacijskog sloja u odnosu na ETICS. Stupanjem na snagu novoga *Tehničkog propisa* svoju će primjenu ponajprije imati na građevinama zidanima visokoporoznom opekom (npr. *Wienerberger Porotherm*, *Unipor* i sl.) ili manje zahtjevnim građevinama s višom projektnom *U-vrijednosti*.

Krešimir Stunja, dipl. ing. građ.  
Lasselsberger-Knauf d.o.o.

posebnim sponama ili vijcima, vidljivim i na vanjskoj strani. Nevidljivo se pričvršćivanje izvodi specijalnim sidrima, nevidljivim sponama, točkastim držačima, s vijcima na zadnjoj strani obložnih elemenata te lijepljenjem proćeljne obloge na tvrdi sloj proćelja ili potkonstrukciju. Lijepljenje proćeljne obloge moguće je samo kod nižih građevina.

### Vrste obloga za pročelja

Za oblogu pročelja upotrebljavaju se brojni materijali. Ako se pročeljni zid ne prozračuje (neventilirano pročelje), obloga mora biti paropropusna kako bi moguća vlaga iz toplinske izolacije isparila. Pročeljna obloga zida koji se prozračuje (ventilirano pročelje) može biti paronepropusna jer vlaga koja prodire iznutra dolazi do zraka u sloju za prozračivanje i ispari. Prema vrsti materijala od kojih su sastavljene, postoje sljedeće pročeljne obloge: žbuke, kamene obloge, metalne obloge, drvene obloge, staklene obloge, opečne i keramičke obloge, obloge od mineralnih kompozita i obloge od umjetnih kompozita.

#### Žbuke

Žbuke su kompozitni materijali sastavljeni od različitih veziva, mineralnih punila i vode. Žbuke su premazi koji moraju tijesno nalijegati na zid i upotrebljavaju se samo za neventilirana pročelja. Odlučujuće značajke žbuka dobiva od veziva, stoga se naziv i odnosi na vezivo. Najstarije su žbuke iz skupine vapnenih žbuka, inače se za pročeljne obloge upotrebljavaju cementne i vapneno-cementne žbuke, silikonske, silikatne, silikonsko-silikatne žbuke te akrilne žbuke. Međusobno se razlikuju po otpornosti na vodu, vlagu i druge utjecaje iz okoline te po postojanosti boje.

Žbuke su primjerene za sve vrste podloga – od opeke, betona, plinobetona, laganih građevnih ploča od



Građevine obložene silikatnom žbukom

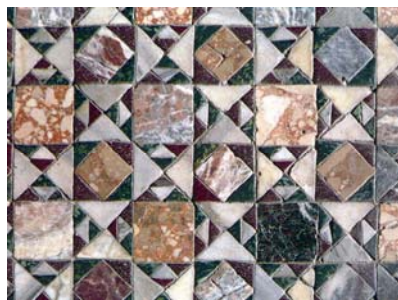
drvene vune, nekih vrsta toplinskih izolacija i dr. S obzirom na sastav i podlogu nanose se u različitim debljinama – kao tankoslojne ili debeloslojne žbuke. S različitom zrnatosti punila i tehnikama nanošenja nastaju različite strukture završne površine: «zaribana» žbuka, zaglađena žbuka, brizgana žbuka, valjana žbuka, strugana žbuka.

#### Kamene obloge

Kamen je kroz povijest zbog svojih svojstava imao važnu ulogu u graditeljstvu. Za pročeljne su obloge primjerene one vrste kamena koji su otporni na vodu i vlagu te dobro stare. Danas se kamene obloge većinom upotrebljavaju kao obložne ploče različitih debljina (2 – 3 cm, ali i manje), kao masivni (samonosivi) blokovi, posebno za zaštitu pročelja u blizini tla, i u uporabi različitih vrsta kamena manjih dimenzija u obliku mozaika.



Obloga od pohorskog kamena tonalita



Obloga od kamenog mozaika

Kamene obloge mogu biti površinski – reljefno – obrađene, kao npr. šiljasta, štokana, nabrazdana, klesana, nazupčana, piljena, brušena, zaglađena, polirana, pjeskarena, paljena.

#### Metalne obloge

Pročeljne obloge od metala i njihovih slitina (čelik, aluminij, bakar, cink, titan) postoje su, vodone



Obloga od aluminijskog lima

prepusne i čvrste. Upotrebljavaju se u tankim pločama koje su često profilirane i pogodne su za završetak ventiliranih pročelja. Učvršćuju se na metalnu ili drvenu potkonstrukciju s vidljivim ili nevidljivim spojevima. Rabe se različite površinske obrade – prirodna boja metala, patina, pokrivne boje, emajli, eloksacija i različite reljefne obrade. Metalne su obloge većinom ploče (bakrena, aluminijska, čelična, cinkova i titan - ploča, alucobond), lijevane ploče (alcast), metalne mreže i lagane građevne ploče (sendvič paneli s toplinskoizolacijskim slojem).

#### Drvene obloge

Obloge od drva imaju dugu povijest jer se drvena građa mnogo upotrebljavala i smatralo se da je kao trajno gradivo prikladno za vanjsku uporabu. Danas se, nakon nekoliko desetljeća, ponovo vraća – također i na obloge pročelja.



Drvene obloge mogu biti od punog drva ili drvenih poluproizvoda. Za masivne su obloge najprimjereniji četinari smreka, jela, bor, ariš i duglazija (uvezena vrsta vrlo postojanog četinara), a od bjelogorice hrast. Puno se drvo upotrebljava u obliku manjih dasaka i letava koje su učvršćene u vertikalnom i/ili horizontalnom smjeru. Letve se spajaju prekrivanjem, na pero i utor ili su između njih zračne fuge. Drvenim je oblogama za pričvršćivanje potrebna posebna potkonstrukcija. Primjerenija je izvedba ventiliranog pročelja.

Između obloga od obrađenog drva upotrebljavaju se troslojne pune ploče (od tri sloja debljeg furnira) i voodootporne vezane ploče. Za ostale proizvode te vrste preporučuje se oprez jer je za sada premalo istraživanja i praktičnog iskustva da bi ih se sa sigurnošću moglo preporučiti za uporabu u agresivnom okolišu.

Drvo je prirodno gradivo koje je podložno starenju i propadanju, stoga je u njegovu zaštitu potrebno uključiti nekoliko koraka; iskoristiti prirodnu postojanost drva (pravilno sječeno, obrađeno i skladišteno drvo je postojanije), drvenu konstrukciju zaštititi (cijela zgrada mora biti projektirana tako da drveni elementi



Obloga od punog drva

nisu izloženi trajnom vlaženju i da moguća voda što prije izađe iz drva), uporabiti kemijsku zaštitu gdje je potrebna i nezamjenjiva.

### Staklene obloge

Staklo je zbog svoje postojanosti vrlo dobro gradivo za pročelnu oblogu, čak i onda kada se ne iskorištava njegova prozirnost. Staklene su obloge za pročelja komponirane prema potrebi, pa su upotrijebljena toplinskoizolacijska, zvučnoizolacijska i pametna stakla (npr. s ugrađenim fotovoltaižnim modulima), kaljena stakla, kao obloga prozirnih toplinskih izolacija ili zaštita dekorativne podloge. Prikadne su za ventilirane ili neventilirane sustave pročelja.



Staklena obloga kao zaštita dekorativne površine

### Opečne i keramičke obloge

Gline su sirovine za brojna opečna i keramička gradiva koja se međusobno jako razlikuju – posebno po poroznosti i kvaliteti površine. Skupini opečnih i keramičkih obloga pripadaju vidljiva opeka, koja je dobra za ventilirana i neventilirana pročelja, terakota, keramičke pločice različitih dimenzija te površinskih struktura, klinkeri, granitokeramika (komercijalno *granito gress*) i keramički mozaici.



Obloga od keramičkih ploča

### Obloge od mineralnih kompozita

Skupini mineralnih kompozita pripadaju gradiva sastavljena od sirovina mineralnog podrijetla i najčešće sadrže cementno vezivo. Najrašireniji mineralni kompozit je beton koji je na pročelja ugrađen u obliku ploča koje se lijepe ili učvršćuju na potkonstrukciju i u obliku montažnih panela s međutoplinskom izolacijom. U toj su skupini i staklobeton (beton ojačan staklenim vlaknima) i pjenobeton, obojeni beton (beton na osnovi bijelog cementa i manjeg dijela različitih pigmenta), prani beton, umjetni kamen i *teracco* ploče. Među mineralne kompozite, primjenjive za pročeljne obloge, uvrštavaju se i polimerno modificirani beton (aerirani sitnozrnati beton s dodatkom sintetičkih polimera i polipropilenske armature), vlaknocementne



Obloga od obojenog betona

## Elementi građevina

ploče (cementno vezivo i sintetička vlakna) i silikatna opeka.

### Obloge od umjetnih tvari

Obloge iz skupine umjetnih tvari su organskog podrijetla, i to od akrilnoga stakla (poznato pod nazivom

menta moguće obojiti u brojne tonove, što pročeljima daje svojstven karakter. Prednost je tih obloga mala težina i time manje opterećenje konstrukcije, jednostavnija montaža, lakše pričvršćivanje, niski troškovi prijevoza i velika sloboda oblikovanja.



Obloga od laminata različitih oblika

pleksi - staklo), polikarbonata, polivinilklorida, polistirena i nezasićenih poliestrskih smola. To su prozirna gradiva koja je dodavanjem pig

U skupini obloga od umjetnih tvari nalaze se i danas često upotrebljavani polimerni kompoziti. Sastavljeni su od anorganskih punila i ve

## OBLOGE PROČELJA OD STAKLOBETONA

Staklobeton je, slično kao staklenim vlaknima ojačana plastika (čije se uporaba do danas raširila na sva područja ljudskog života i industrije), beton ojačan staklenim vlaknima. U oba se slučaja radi o kompozitnom materijalu visokih performansi a značajke kojega se prilagođavaju pojednim zahtjevima i potrebama.

Staklena vlakna u visokoalkalnom okružju, koje nastaje pri hidrataciji cementa, nisu postojana. Stoga su se stručnjaci vrlo dugo bavili traženjem kemijske formule stakla koje će biti alkalno rezistentno, što bi omogućilo, slično kao u plastičnoj industriji, iskorištavanje ojačanih karakteristika staklenih vlakana i u graditeljstvu. Formulu je otkrio BRE (*British Research*

*Establishment*) 1969., a patent su najprije kupili i komercijalizirali proizvođači stakla *Pilkington Brothers*. Na osnovi tog otkrića, do danas se u svijetu razvila posebna staklobetonska industrija s mnogim primjenama. Osim za pročeljne obloge, staklobeton se u svijetu upotrebljava za arhitektonske komponente, za umjetne stepenice za krajobrazno oblikovanje, prefabricirane građevne elemente za stambenu gradnju, građevne ploče, crjepove, kape dimnjaka i obloge, ograde za zaštitu od buke, obloge za tunele, vidljive i izgubljene oplote, cijevi, agrikulturne proizvode. Francuska tvrtka Saint-Gobain, koja je danas specijalizirani svjetski proizvođač svih vrsta vlaknastih ojačanja, otkupila je patent 1990.

ziva od sintetičnih polimera, koji mineralnim sirovinama potpuno mijenjaju karakteristike i najčešće su kao obloge za pročelja laminati i *kerrock*.

Tradicionalni zidovi, ali i obloge pročelja, bili su od kamena, drva i gline (paljene ili sušene na suncu). Moderna tehnologija gradnje nudi brojne sustave od različitih gradiva i uporabu njihovih kombinacija. Za izbor određenog sustava relevantni su različiti kriteriji – osim cijene i estetskoga izgleda tu su svojstva materijala, trajnost uz određene uvjete, obrada, održavanje, a ponekad i moda.

doc. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, Fakultet za arhitekturu, Ljubljana

Autori fotografija:  
Martina Zbašnik-Senegačnik i  
Viki Žigon

## IZVOR

- [1] Zbašnik-Senegačnik, M.; Kresal, J.: *Fasadni ovoj*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana 2004. ([www.arh.uni-lj.si](http://www.arh.uni-lj.si)).

Osnovni je sastav staklobetona kvalitetna cementna matrica ojačana velikom količinom alkalno rezistentnih staklenih vlakana zbog kojih se jako povećava udarna, vlačna čvrstoća i čvrstoća na savijanje, povećava se otpornost protiv abrazije, smanjuje se permeabilnost čime se postiže veća postojanost te se, budući da se staklo počinje smekšavati tek pri 860°C, takvom, staklenim vlaknima ojačanom matricom postiže i bolja vatrootpornost.

Staklobetonom se zbog žilavosti mogu izrađivati građevni elementi vrlo tankih presjeka, tipična debljina je 1 cm, koji se u proizvodnom procesu brizganjem ili ulijevanjem staklocementne mješavine u kalupe po želji oblikuju i zatim dovršavaju.



Sve opisane prednosti staklobetona vrlo su važne na području pročeljnih obloga. Staklobetonske pročeljne obloge mogu biti vrlo tanke, pa stoga i vrlo lagane te statički ne predstavljaju veliko opterećenje za konstrukciju, lako se transportiraju i postavljaju.

U posljednjih 20 godina u Americi su razvili sustav staklobetonskih pročeljnih obloga s čeličnim okvirom. Čelični okvir omogućava veće dimenzije pročeljnih elemenata i stoga još bržu montažu. Staklobetonska je pročeljna obloga pričvršćena s pomoću posebnih L fleksibilnih sidara koja omogućavaju međusobno pomicanje ploča i čeličnog okvira. Zbog tih se prednosti sustav brzo proširio i na druge zemlje Europe.

Važna je značajka staklobetonskih pročeljnih obloga i njihova postojanost. Kako je do sada u svijetu od 1971. izvedeno već mnogo građevina s takvom oblogom, na raspolaganju je više od 30 godina praktične primjene te starenje u stvarnoj okolini. Prvi je projekt uopće sa staklobetonskom pročeljnom oblogom *Credit Lyonnais banka* u Londonu koja je izvedena 1971. Danas, nakon više od 35 godina, ta je zgrada vjerodostojan dokaz o postojanosti staklobetona.

S gledišta postojanosti, zanimljiv je opis postupka kojim su projektanti izabrali staklobeton kao najprimjereniji materijal za obnovu pročelja na Shepherd Hallu, koji je dio *New York City University* u SAD-u.

Kao dio obnove 93 godine stare zgrade potrebno je bilo nadomjestiti dotrajale arhitektonske komponente i pročeljne obloge od *terracote*. Zbog važnosti i prestižnosti projekta te troškova vezanih za izvedbu mnogobrojnih i kompliciranih kalupa (60.000 različitih elemenata) projektanti su,

tvrtka Stein Partnership, željeli odabrati najbolji mogući materijal. U tom su procesu razne materijale podvrgnuli zahtjevnim testovima u vrlo agresivnom okruženju i pri ubrzanju starenja te su na osnovi rezultata već u početnoj fazi odbili sljedeće materijale:

- terracotu, jer nije dovoljno postojana u agresivnom urbanom okruženju New Yorka,
- prirodni kamen, koji bi previše opteretio nosivu konstrukciju i jer bi reprodukcija važnih sitnih detalja bila vrlo teška
- lijevano željezo i aluminij, jer bi oba materijala trebalo bojiti
- plastiku ojačanu staklenim vlaknima i pjenobeton zbog zapaljivosti i brzog propadanja površine.

Zatim su testirali staklobeton.

Osam je proizvođača dobavilo 11 različitih tipova staklobetona. Neki su uzorci bili napravljeni s posebnim cementima, a neki su sadržavali polimere ili metakaolin.

Testirali su sljedeće:

- otpornost *na vlagu*: 2.000 sati pri 95 do 100 posto vlage na temperaturi 43 °C; budući da vodene pare prodiru u materijal brže od tekuće vode, to je vrlo dobar test za otpornost od prodiranja kiše
- *otpornost na izloženost vremenu*: 2.000 sati u ciklusima po 51 minutu ultraljubičastog zračenja, zatim 9 minuta ultraljubičaste svjetlosti i polijevanja vodom
- otpornost na kisele kiše: 2.000 sati u komori sa slanom maglom, uzorke su svakih 100 sati zalijevali 30 sekundi nitrokiselinom, zatim sumpornom kiselinom s

- Ph faktorom 4,3 (namjena izloženosti slanoj magli je smanjivanje otpornosti površine na kiseline)
- otpornost na smrzavanje i topljenje: 50 ciklusa po 8 sati kod -26 °C, zatim 2 sata kod 70 °C, zatim 16 sati kod 25 °C te kontrola pucanja, ljuštenja, apsorpcije vode
- otpornost protiv upijanja vode: mjerenje suhe i mokre težine, razlika je apsorbirana voda, mjerila se i dubina upijanja vode.

Na osnovi tih testova izabrali su staklobeton s mješavinom bijeloga portlandskog cementa, Cem-Star metakaolina, akrilnog polimera i 4,1 posto Cem-FIL AR (alkalno rezistentnih) staklenih vlakana dužine 12 mm.

Dio obnove staklobetonom izvršen je 1991., cijeli je projekt još u tijeku. Rezultati kontrolnih testova, koji se rade svakih 5 godina, dosad pokazuju nesmanjene mehaničke karakteristike staklobetona. Na primjer LOP (limit proporcionalnosti) ostao je kod 10,1 MPa, MOR (modul rušenja) kod 12,8 MPa. Tijekom tog procesa staklobetonsku su mješavinu uspjeli poboljšati tako da sada bez problema doseže LOP>12 MPa i MOR>MPa.

Staklobetonske pročeljne obloge pružaju i prednosti arhitektima, koji mogu iskoristavati prednosti materijala s obzirom na mogućnosti dizajna i konačnog izgleda, projektantima, koji mogu zbog male težine štedjeti na troškovima konstrukcije i konačno investitorima jer im je omogućen učinkovit, brz i ekonomičniji sustav konstrukcije i dovršavanja te održavanja zgrada.

T. Vrančić